

COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 971037
【提出日】 平成10年3月24日
【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿
【国際特許分類】 B23B 47/00
【発明の名称】 加工プログラム作成支援装置
【請求項の数】 9
【発明者】

【住所又は居所】 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地 ヤマザキ
マザック株式会社 本社工場内

【氏名】 鈴木 賢司

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地 ヤマザキ
マザック株式会社 本社工場内

【氏名】 村木 俊之

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地 ヤマザキ
マザック株式会社 本社工場内

【氏名】 棚橋 誠

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地 ヤマザキ
マザック株式会社 本社工場内

【氏名】 吉田 浩一

【特許出願人】

【識別番号】 000114787

【氏名又は名称】 ヤマザキマザック株式会社

【代表者】 山崎 照幸

【代理人】

【識別番号】 100083138

【弁理士】

【氏名又は名称】 相田 伸二

【電話番号】 3 8 6 2 - 7 1 6 6

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9 7 2 3 3 1 2

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加工プログラム作成支援装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加工条件が設定された加工工程を1つ以上含んだ原加工プログラムを、該原加工プログラムを実行して得た前記加工工程に関する加工実行状態計測値を参照して変更修正する形で修正加工プログラムを作成する作業を支援する加工プログラム作成支援装置において、

前記加工工程について加工条件の変更修正方針を示したメッセージを保存したメッセージ保存部を有し、

前記原加工プログラムを実行して得た前記加工工程に関する加工実行状態計測値を記憶格納する加工実行状態計測値メモリを設け、

加工効率判定パラメータに基づいて各加工工程の加工効率を判定する加工効率判定プログラムを記憶格納した第1のメモリ手段を設け、

前記原加工プログラムにおける前記加工工程に関し、前記加工実行状態計測値メモリに記憶格納された加工実行状態計測値を、前記第1のメモリ手段に記憶格納した前記加工効率判定プログラムに基づいて解析する加工実行状態計測値解析部を設け、

前記加工実行状態計測値解析部による解析結果に応じて、前記メッセージ保存部に保存されたメッセージを選択表示するメッセージ表示部を設けて構成した加工プログラム作成支援装置。

【請求項 2】

前記加工実行状態計測値解析部による解析対象とする加工工程を指定入力自在な加工工程指定入力手段を設け、

前記加工実行状態計測値解析部は、前記加工工程指定入力手段を介して指定入力された加工工程に関し、前記加工実行状態計測値メモリに記憶格納された加工実行状態計測値を、前記第1のメモリ手段に記憶格納した前記加工効率判定プログラムに基づいて解析するようになっていることを特徴とする請求項1記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 3】

前記原加工プログラムを記憶格納する第 2 のメモリ手段を設け、

前記第 2 のメモリ手段に記憶格納された前記原加工プログラムに基づいて加工シミュレーションを実行する加工シミュレーション実行手段を設け、

前記加工実行状態計測値メモリには、前記加工シミュレーション実行手段によって加工シミュレーションを実行して得た計算値を加工実行状態計測値として記憶格納することを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 4】

前記加工実行状態計測値は主軸負荷に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータは主軸負荷に関するパラメータであることを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 5】

前記加工実行状態計測値は工具の周速に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータは工具の周速に関するパラメータであることを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 6】

前記加工実行状態計測値は主軸の回転数に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータは主軸の回転数に関するパラメータであることを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 7】

前記メッセージ保存部は、工具の周速を高める形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージを保存していることを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 8】

前記メッセージ保存部は、主軸の回転数を高める形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージを保存していることを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【請求項 9】

前記メッセージ保存部は、工具を変更する形での加工条件の変更修正方針を

示したメッセージを保存していることを特徴とする請求項 1 記載の加工プログラム作成支援装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、工作機械での加工に関する加工プログラムの作成を支援する加工プログラム作成支援装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

マシニングセンタ等の従来の NC 工作機械では、工具の送り速度や周速、主軸の回転数等からなる加工条件が予め機械のメモリに記憶されており、加工プログラム作成時には、オペレータが、使用する工具の種類や加工するワークの材質等の情報を指定入力することにより、これら指定入力された情報に応じて、前記メモリに記憶されている加工条件から適当なものが自動選択されて加工プログラム中に設定されるようになっている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

上述したような機械のメモリに記憶されている加工条件は、様々な材質の工具やワークに対して、また、様々なワークの取付け方法、刃具の把握方法に対して汎用的な数値である。そのためこのような加工条件は、高速な加工を実現するのに十分な数値とはならないことが多い。従って、加工プログラム作成時にこの加工条件の数値を主軸モータ等の能力の範囲内で変更し、より高速な加工を行う加工プログラムを作成する試みがなされている。しかし、加工条件の数値を適切に変更するには機械、工具等に対して高度な知識や経験が必要であり簡単ではなかった。

【 0 0 0 4 】

本発明は上記事情に鑑み、加工プログラム中の加工条件の変更を容易にし、効率の良い加工を行う加工プログラムを簡単に作成できるように支援する加工プログラム作成支援装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

即ち本発明のうち第1の発明は、加工条件が設定された加工工程（KK1～KK10）を1つ以上含んだ原加工プログラム（GPR）を、該原加工プログラム（GPR）を実行して得た前記加工工程（KK1～KK10）に関する加工実行状態計測値（HJ）を参照して変更修正する形で修正加工プログラム（PRO）を作成する作業を支援する加工プログラム作成支援装置（2）において、前記加工工程（KK1～KK10）について加工条件の変更修正方針を示したメッセージ（MSG）を保存したメッセージ保存部（47）を有し、前記原加工プログラム（GPR）を実行して得た前記加工工程（KK1～KK10）に関する加工実行状態計測値（HJ）を記憶格納する加工実行状態計測値メモリ（12a）を設け、加工効率判定パラメータ（SF、WJ、CH、QG）に基づいて各加工工程（KK1～KK10）の加工効率を判定する加工効率判定プログラム（SR61～SR64）を記憶格納した第1のメモリ手段（16）を設け、前記原加工プログラム（GPR）における前記加工工程（KK1～KK10）に関し、前記加工実行状態計測値メモリ（12a）に記憶格納された加工実行状態計測値（HJ）を、前記第1のメモリ手段（16）に記憶格納した前記加工効率判定プログラム（SR61～SR64）に基づいて解析する加工実行状態計測値解析部（41、42、50）を設け、前記加工実行状態計測値解析部（41、42、50）による解析結果に応じて、前記メッセージ保存部（47）に保存されたメッセージ（MSG）を選択表示するメッセージ表示部（6、13）を設けて構成される。

【 0 0 0 6 】

また本発明のうち第2の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記加工実行状態計測値解析部（41、42、50）による解析対象とする加工工程（KK1～KK10）を指定入力自在な加工工程指定入力手段（5）を設け、前記加工実行状態計測値解析部（41、42、50）は、前記加工工程指定入力手段（5）を介して指定入力された加工工程（KK1～KK10）に関し、前記加工実行状態計測値メモリ（12a）に記憶格納された加工実行状態計測値（HJ）を、前記第1のメモリ手段（16）に記憶格納した

前記加工効率判定プログラム（SR61～SR64）に基づいて解析するようになっている。

【0007】

また本発明のうち第3の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記原加工プログラム（GPR）を記憶格納する第2のメモリ手段（10）を設け、前記第2のメモリ手段（10）に記憶格納された前記原加工プログラム（GPR）に基づいて加工シミュレーションを実行する加工シミュレーション実行手段（11）を設け、前記加工実行状態計測値メモリ（12a）には、前記加工シミュレーション実行手段（11）によって加工シミュレーションを実行して得た計算値を加工実行状態計測値（HJ）として記憶格納する。

【0008】

また本発明のうち第4の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記加工実行状態計測値（HJ）は主軸負荷に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータ（SF）は主軸負荷に関するパラメータである。

【0009】

また本発明のうち第5の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記加工実行状態計測値（HJ）は工具の周速に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータ（WJ）は工具の周速に関するパラメータである。

【0010】

また本発明のうち第6の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記加工実行状態計測値（HJ）は主軸の回転数に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータ（CH、QG）は主軸の回転数に関するパラメータである。

【0011】

また本発明のうち第7の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記メッセージ保存部（47）は、工具の周速を高める形

での加工条件の変更修正方針を示したメッセージ（MSG）を保存している。

【 0 0 1 2 】

また本発明のうち第 8 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記メッセージ保存部（47）は、主軸の回転数を高める形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージ（MSG）を保存している。

【 0 0 1 3 】

また本発明のうち第 9 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置（2）において、前記メッセージ保存部（47）は、工具を変更する形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージ（MSG）を保存している。

【 0 0 1 4 】

なお、括弧内の番号等は、図面における対応する要素を示す便宜的なものであり、従って、本記述は図面上の記載に限定拘束されるものではない。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を図面に基づき説明する。

図 1 は、本発明による加工プログラム作成支援装置の一例である加工ナビゲーション装置を有した、マシニングセンタの制御装置を示すブロック図、

図 2（a）は、切削時刻情報を表わしたグラフを示す図、

図 2（b）は、処理テーブルを示した図、

図 2（c）は、サブルーチン番号テーブルを示した図、

図 2（d）は、加工状態情報を示した図、

図 3 は、ナビゲーションプログラムの内容を示したフローチャート、

図 4 は、サブルーチン 6 1 R の内容を示したフローチャート、

図 5 は、サブルーチン 6 2 R の内容を示したフローチャート、

図 6 は、サブルーチン 6 3 R の内容を示したフローチャート、

図 7 は、サブルーチン 6 4 R の内容を示したフローチャート、

図 8 は、ナビゲート情報ファイルを示した図、

図 9（a）は、上限基本周速ファイル S Y F 1 を示した図、

図 9（b）は、上限周速係数ファイル S K F 1 を示した図、

図 9 (c) は、上限基本周速ファイル S Y F 2 を示した図、

図 9 (d) は、上限周速係数ファイル S K F 2 を示した図、

図 9 (e) は、上限基本周速ファイル S Y F 3 を示した図、

図 9 (f) は、上限周速係数ファイル S K F 3 を示した図、

図 10 は、主軸の回転数に対する出力特性をグラフで示した図である。

【 0 0 1 6 】

マシニングセンタ 1 は図 1 に示すように、該マシニングセンタ 1 の制御装置 100 の一部を構成する形で加工ナビゲーション装置 2 を有しており、加工ナビゲーション装置 2 は主制御部 3 を有している。主制御部 3 には、バス線を介して、キーボード 5、ディスプレイ 6、プログラム作成部 7、工具データファイルメモリ 9、加工プログラムメモリ 10、加工シミュレーション実行部 11、シミュレーション情報管理部 12、表示制御部 13、加工ナビゲーション実行部 15、システムプログラムメモリ 16、工具番号入力判定部 17、工具番号メモリ 19、変数メモリ 20、サブルーチン番号検出部 21、サブルーチン番号テーブルメモリ 22、サブルーチン番号検出判定部 23、サブルーチン実行部 25、処理終了判定部 26、対象工具検出部 27、対象工具番号メモリ 29、工具径判定部 40、主軸負荷判定部 41、周速判定部 42、上限基本周速ファイルメモリ 43、上限周速係数ファイルメモリ 45、周速上限値演算検出部 46、ナビゲート情報メモリ 47、ナビゲート情報管理部 49、回転数判定部 50 等が接続されている。なお、シミュレーション情報管理部 12 にはシミュレーション結果情報メモリ 12 a が接続されている。

【 0 0 1 7 】

マシニングセンタ 1 及びその制御装置 100 等は以上のような構成を有するので、加工プログラム P R O の作成が以下のように行われる。即ち、オペレータは、使用する工具の工具番号や加工するワークの材質及び加工の形態等の情報をキーボード 5 等を介して指定し入力する。ところで、工具データファイルメモリ 9 には公知の工具データファイル K D F が、各工具の工具種や工具材種及び、該工具に関する適切な送り速度や周速及び主軸の回転数等の情報を、該工具の工具番号に対応したテーブル形式で格納した形で保存されており、プログラム作成部

7は、キーボード5等を介して工具番号及びワークの材質等が入力されると、該入力された工具番号及びワークの材質等に基づき、工具データファイルメモリ9に保存されている前記工具データファイルKDFを参照する形で、各工具に関する適切な送り速度や周速及び主軸の回転数等の切削条件（加工条件）を選択決定し、この選択決定した切削条件を用いて公知の自動プログラミングの手法により加工プログラムGPRを作成する。作成された加工プログラムGPRは加工プログラムメモリ10に格納される。なお、本実施例で作成しようとしている加工プログラムPROは、原加工プログラムである前記加工プログラムGPRを元にし、該加工プログラムGPRの一部を変更修正する形で作成される修正加工プログラムである。

【0018】

加工プログラムGPRの作成及び格納完了後、オペレータはキーボード5等を介して加工シミュレーションの指令を入力する。主制御部3は、該入力された指令に基づき、加工シミュレーション実行部11に加工シミュレーションの実行を命じる。これを受けて、加工シミュレーション実行部11は、加工プログラムメモリ7に格納されている加工プログラムGPRを読み出し、該加工プログラムGPRに基づいて公知の加工シミュレーションの手法により加工シミュレーションを実行する。なお、この加工シミュレーションを行いながら加工シミュレーション実行部11は、公知の手法によって、該加工シミュレーションに関するシミュレーション結果情報KJをシミュレーション情報管理部12に伝送し、シミュレーション情報管理部12は、伝送されてきたシミュレーション結果情報KJをシミュレーション結果情報メモリ12aに保存すると共に、表示制御部13にもこれらを伝送する。表示制御部13は伝送されてきたこれら情報KJをディスプレイ6を介して数値やグラフの形で表示出力する。例えば前記加工プログラムGPRでは、図2（a）に示すように、工具番号T1、T2、……、T10の各工具による切削、即ち各工具による加工工程KK1～KK10を、この順序で順次行う形の加工が指示されており、従って、シミュレーション結果情報KJには、各加工工程KK1～KK10に関する切削の開始時刻と終了時刻を記した切削時刻情報SJが含まれている。従って、ディスプレイ6を介して表示出力されるも

の中には、図 2 (a) に示すように前記切削時刻情報 S J をグラフ等の形で示したものが含まれている。また、シミュレーション結果情報 K J には、切削時刻情報 S J の他にも、各加工工程 K K 1 ~ K K 1 0 における主軸や工具の状態を示した加工実行状態計測値である加工状態情報 H J が含まれており、例えば加工状態情報 H J は図 2 (d) に示すように、各工具番号に対して、該工具番号を持つ工具による加工工程 K K 1 ~ K K 1 0 の、最大主軸負荷（即ち、切削時における主軸のトルク荷重の最大値を、該主軸の最大許容トルク荷重に対するパーセンテージで示したもの）及び、工具の周速（単位は、m / 分）及び、主軸の回転数（毎分の回転数）が、テーブル形式で保存されているものである。

【 0 0 1 9 】

加工シミュレーションが完了した後、オペレータは、加工ナビゲーション実行の指令 C 1 をキーボード 5 を介して入力する。該指令 C 1 を受けた主制御部 3 は加工ナビゲーション実行部 1 5 に加工ナビゲーションの実行を命じる。これを受けて加工ナビゲーション実行部 1 5 は、システムプログラムメモリ 1 6 に保存されているナビゲーションプログラム N P R（図 3 にその内容を示す）を読み出し、該ナビゲーションプログラム N P R に基づいて処理を進める。即ち、加工ナビゲーション実行部 1 5 は、図 3 に示すように表示制御部 1 3 に加工工程入力要求の表示を命じ、これを受けて表示制御部 1 3 はディスプレイ 6 を介して、加工ナビゲーションの対象とする加工工程を、該加工工程での切削を行う工具の工具番号を入力する形で指定するように要求する内容の表示（図示せず）を行う（ステップ S T P 1）。この表示を見てオペレータは、既にディスプレイ 6 で表示されていた図 2 (a) に示す切削時刻情報 S J を示したグラフ等を参照して、加工ナビゲーションの対象としたい加工工程、例えば比較的長時間の切削となる加工工程を、該加工工程での切削を行う工具の工具番号で選び出し、選んだ工具の工具番号をキーボード 5 等を介して入力指定する。例えばこの場合には図 2 (a) に示すように工具番号 T 2、T 5、T 8、T 1 0 の工具での加工工程 K K 2、K K 5、K K 8、K K 1 0 において切削が比較的長時間となっており、工具番号 T 2、T 5、T 8、T 1 0 をキーボード 5 等を介して入力した。一方、この時点で工具番号入力判定部 1 7 は、キーボード 5 等を介した工具番号の入力が完了され

たかどうかを判定しており（ステップS T P 2）、キーボード5等を介して工具番号T 2、T 5、T 8、T 1 0の入力が完了されることにより、工具番号入力判定部1 7は工具番号の入力が完了されたと判定して判定結果S 1を出力する。

【 0 0 2 0 】

この判定結果S 1が出力されると、加工ナビゲーション実行部1 5は入力された前記工具番号T 2、T 5、T 8、T 1 0を工具番号メモリ1 9に保存する（ステップS T P 3）。工具番号メモリ1 9には図2（b）に示すような処理テーブルS T Bが保存されており、従って工具番号メモリ1 9における工具番号T 2、T 5、T 8、T 1 0の保存は、この処理テーブルS T Bにおいて、これら工具番号T 2、T 5、T 8、T 1 0を、その工具番号の若い順に処理順i（1、2、……）の順番に対応させて格納する形で行われる。次いで、加工ナビゲーション実行部1 5は、変数メモリ2 0に格納されている変数iに初期値である1を代入し（ステップS T P 4）、サブルーチン番号検出部2 1に適用すべきサブルーチン番号の検出を指令する（ステップS T P 5）。これを受けてサブルーチン番号検出部2 1は、まず対象工具検出部2 7に、1回目の処理で対象になる工具の工具種を検出するように命じ、対象工具検出部2 7は、変数メモリ2 0の変数i（この場合は変数iの値は1）に基づき、該変数iと同じ数値の処理順i（この場合は処理順が1）に対応する工具番号（この場合は図2（b）より工具番号T 2）を工具番号メモリ1 9の処理テーブルS T Bを参照する形で検出し、検出した該工具番号T 2に基づいて、工具データファイルメモリ9の工具データファイルK D Fを参照する形で、該工具番号T 2をもつ工具の工具種を検出する（この場合の工具種は、例えばドリルであった）。なおこの時点で対象工具検出部2 7は、変数メモリ2 0の変数iと同じ数値の処理順iに対応する工具番号T 2、即ち1回目の処理で対象になる工具の工具番号T 2を対象工具番号メモリ2 9に保存する。一方、サブルーチン番号テーブルメモリ2 2には、図2（c）に示すように各工具種に対応した形でサブルーチン番号がテーブル形式で格納されたサブルーチン番号テーブルV T Bが保存されており、上述したように対象工具検出部2 7が工具番号T 2をもつ工具の工具種を検出すると、サブルーチン番号検出部2 1は該対象工具検出部2 7が検出した工具種（この場合はドリル）に基づき、

前記サブルーチン番号テーブルV T Bを参照する形で該工具種に対応するサブルーチン番号（この場合は図2（c）よりサブルーチン番号は61）を検出する。

【0021】

なお、サブルーチン番号検出判定部23は、サブルーチン番号検出部21によりサブルーチン番号が検出されたかどうかを判定しており（ステップS T P 6）、上述したようにサブルーチン番号検出部21によりサブルーチン番号が検出されたことにより、サブルーチン番号検出の判定結果S 2を出す。ところで、上述したナビゲーションプログラムN P R中には、前記ステップS T P 6に続くステップS T P 7として4つのサブルーチンS R 6 1、S R 6 2、S R 6 3、S R 6 4を、これらが選択的に実行される形で含んでおり、各サブルーチンS R 6 1、S R 6 2、S R 6 3、S R 6 4は図2（c）に示す各サブルーチン番号（61、62、63、64）に対応したものとなっている。そこで、前記判定結果S 2を受けて加工ナビゲーション実行部15は、サブルーチン番号検出部21により検出されたサブルーチン番号（61）に基づき、該サブルーチン番号に対応するサブルーチンS R 6 1（図4に示す）の処理を行う（ステップS T P 7）。なおステップS T P 6においてサブルーチン番号検出部21がサブルーチン番号を検出できなかった場合（例えば工具種が「リーマ」等である場合には図2（c）のサブルーチン番号テーブルV T Bに記されていないので検出が不能となる）には、サブルーチン番号検出判定部23はサブルーチン番号検出不能の判定結果S 3を出す。この判定結果S 3が出された場合には、図3に示すように、ステップS T P 7には進まず後述するステップS T P 8に入ることになる。つまり、図2（c）のサブルーチン番号テーブルV T Bに記されていない工具種（例えばボーリング等）での切削の加工工程は加工ナビゲーションの対象外となっている。

【0022】

なお本実施例では図3に示すフローチャートに従い、複数の加工工程を一度に入力指定して、これらに関する加工ナビゲーションを自動的に順次行うタイプのものを説明しているが、加工工程を1つずつ入力指定し、入力指定された加工工程についてその都度加工ナビゲーションを行うようにしてもよい。即ち、オペレータは、図2（a）に示す切削時刻情報S Jを示したグラフ等を参照して加工

ナビゲーションの対象としたい加工工程を1つ選び、例えばその工具番号をキーボード5等で入力指定する。対象工具検出部27は入力指定された工具番号に基づいて、工具データファイルメモリ9の工具データファイルKDFを参照する形で、該工具番号T2をもつ工具の工具種を検出する。サブルーチン番号検出部21は検出した工具種に基づき、サブルーチン番号テーブルVTBを参照する形で該工具種に対応するサブルーチン番号を検出し、加工ナビゲーション実行部15は、検出されたサブルーチン番号に対応するサブルーチンの処理を行う。こうしてサブルーチンの処理が完了し、従ってメッセージの表示等（後述）がなされ、該メッセージに従って加工プログラムのうち該当箇所の変更修正（後述）を行う。以降、加工ナビゲーションの対象としたい次の加工工程を1つ入力指定し、入力指定された工具番号から対応するサブルーチン番号を検出し、検出されたサブルーチン番号に対応するサブルーチンの処理を行い、表示されたメッセージに従って加工プログラムのうち該当箇所の変更修正を行う、といった一連の作業を繰り返す形で、複数の加工工程についての加工ナビゲーション及び加工プログラムの変更修正を行う。なおこの場合、同一の加工工程を繰り返し入力指定して、該加工工程についての加工ナビゲーション及び該加工工程に関する加工プログラムの変更修正を繰り返すようにしてもよいことは勿論である。

【0023】

最初の実施例に戻りその説明を続ける（なお、サブルーチンの処理や後述する加工プログラムの変更修正に関しては、上述した別の例にも共通する内容である）。即ち、サブルーチンSR61では、まず図4に示すように加工ナビゲーション実行部15は、工具径判定部40に工具径の判定を命じる。これを受けて工具径判定部40は、対象工具番号メモリ29に保存されている現在処理の対象となっている工具番号T2及び、工具データファイルメモリ9の工具データファイルKDFより、該工具番号T2のドリルの工具径を検出し、該工具径が直径3mm以上であるかどうかを判定する（ステップSTP101）。この工具径判定部40において、工具径が直径3mm以上でないと判定された場合（即ち工具径が直径3mm未満の場合）、工具径が小さすぎて周速等の変更が困難であるため、加工ナビゲーションを行わずサブルーチンSR61を終了する。またステップS

TP101において、工具径が直径3mm以上であると判定された場合には、主軸負荷判定部41が主軸負荷の判定を行う（ステップSTP102）。即ち、主軸負荷判定部41は、対象工具番号メモリ29に保存されている工具番号T2及び、シミュレーション結果情報メモリ12aに保存されている加工状態情報HJより、該工具番号T2のドリルでの加工工程KK2における最大主軸負荷（この場合は60%）を検出し、該最大主軸負荷が主軸負荷上限SF（加工効率判定パラメータの一つであり、本実施例では一例として80%と設定されているが、ナビゲーションプログラムNPRの実行開始前にこの数値を変更して設定することも可能である。）以下であるかどうか判定する。この主軸負荷判定部41において、前記ドリルでの切削における最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下でないと判定された場合（即ち最大主軸負荷が80%より大きい場合）、加工ナビゲーションを行わずサブルーチンSR61を終了する（つまり、加工工程KK2では、これ以上加工の効率を向上させる必要がないので後述するメッセージMSG等の表示を行わない）。またステップSTP102において、前記ドリルでの切削における最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であると判定された場合、即ち主軸負荷にまだ余裕がある場合には、周速判定部42が工具の周速の判定を行う（ステップSTP103）。

【0024】

即ち、周速判定部42は対象工具番号メモリ29に保存されている工具番号T2及び、シミュレーション結果情報メモリ12aに保存されている加工状態情報HJより、該加工工程KK2における工具の周速（この場合は図2（d）より40.8m/分）を検出する。上限基本周速ファイルメモリ43には、図9（a）に示すような上限基本周速ファイルSYF1が保存されており、この上限基本周速ファイルSYF1には、ドリル加工時における、各ワーク材質（FC、FCD、S45C、……）に対する上限基本周速（単位はm/分）が格納されている。また、上限周速係数ファイルメモリ45には、図9（b）に示すような上限周速係数ファイルSKF1（なお上限周速係数ファイルSKF1は図9（b）に示すように複数のテーブルta1、ta2、ta3、……、からなっており、各テーブルta1、ta2、ta3、……、は、それぞれ図9（a）に示す上限基本

周速ファイルSYF1の各ワーク材質（FC、FCD、S45C、……）に関するものである。）が保存されており、この上限周速係数ファイルSKF1には、ドリル加工時における、各工具材種（ハイス、チョウコウ、コートハイス、……）等に対する上限周速係数（単位は%）、即ち上限基本周速に対する修正係数が格納されている（なお本明細書で述べている「工具材種」とは、ハイスやチョウコウ等のように刃の材質、或いは冷却水流通穴の穿設されたクーラントスルー等のように工具の構造、また或いは使い捨てで使用するよう形成されたスローアウェイ等のように工具の使用形態によって区別した工具の種を意味する）。そこで、周速上限値演算検出部46は、加工プログラムメモリ10に保存されている加工プログラムGPR中から、加工されるワークの材質を検出すると共に、対象工具番号メモリ29に保存されている工具番号T2に基づいて、工具データファイル9の工具データファイルKDFより、該工具の工具材種を検出する。そして周速上限値演算検出部46は、前記検出されたワーク材質に基づき、上限基本周速ファイルメモリ43に保存されている上限基本周速ファイルSYF1より該ワーク材質に対応した上限基本周速を検出すると共に、前記検出された工具材種及び、上限周速係数ファイルメモリ45に保存されている上限周速係数ファイルSKF1より該工具材種に対応した上限周速係数を検出する。更に周速上限値演算検出部46は、以上のように検出した上限基本周速と上限周速係数を掛け算することにより、工具材種を考慮した各ワーク材質における上限周速として、加工効率判定パラメータの一つである周速上限値WJ（単位はm/分）を演算検出する。例えば、ワーク材質がFCであり、工具材種がチョウコウである場合には、図9（a）及び図9（b）に示すように、上限基本周速は30m/分、上限周速係数は220%となるので、周速上限値WJは66m/分となる。なお、周速上限値WJ（後述するエンドミルやフェイスミルの場合も同様）は、上述したような上限基本周速と上限周速係数の単純な掛け算だけでなく、工具径、加工幅及び深さ、ワークの剛性、工具把握方法等を考慮して演算することも可能である。

【0025】

周速判定部42は、ステップSTP103で検出された該ドリルでの切削における周速が、周速上限値演算検出部46により演算検出された周速上限値WJ

以下であるかどうかを判定する。ナビゲート情報メモリ47には、例えば図8に示すように、ナビゲート情報番号1番～10番までの10種類のメッセージMSG（なお図8で記載するメッセージの内容は一例であり、この図8の内容に限定されない。メッセージの内容は適宜変更可能である。）が保存されている。このメッセージMSGの内容は、オペレータがプログラムした加工プログラムGPRで指示された加工に関して、より高速で効率の良い加工を行うための加工プログラムの変更修正方針を示したものである。前記周速判定部42において、前記ドリルでの切削における周速が周速上限値WJ以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷そのものには余裕があるが（ステップSTP102で判定）、現在の加工プログラムGPRに指示された工具では、当該工具の周速上限値WJを超えてしまう場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号2番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP104）。この場合は図8に示すように、より高い周速での使用が可能となるように工具の材種を変更して周速を上げるように指示する内容である（但し、図に示すメッセージMSGの内容は一例であり、ワークの取付け及び、ツーリングによってメッセージは異なることがある）。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK2において最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下となるが、現在の加工プログラムGPRに指示された工具材種の工具では周速が周速上限値WJより大きくなるので、主軸負荷を上げて加工の高速化を図るには、周速上限値WJを大きくとれる工具材種の工具に変更し（従って上限周速係数が大きくなるように工具材種を変更）、この変更に伴って大きくなった周速上限値WJに合わせて周速を上げればよいこととなる。従って、図8に示すナビゲート情報番号2番のメッセージMSG、即ち工具材種を変更して周速を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。具体的には、加工プログラムGPR中でオペレータが指示した工具の工具材種がチョウコウ（図9（b）より上限周速係数が220%）であった場合には冷却水流通穴の穿設されたクーラントスルー工具（図9（b）より上限周速係数が460%、但し冷却水用貫通穴が主軸に穿設されたいわゆるスピンドルスルー付きの場合）に変更するなどの内容のメッセー

ジMSGは、このメッセージに従って加工プログラムGPRの切削条件を変更修正すると高速な加工が実現できるものとなっている。そこで後述するようにナビゲーションプログラムNPRの終了後に加工プログラムGPRの変更修正を行う際には、オペレータは上述したようにディスプレイ6で表示出力されたメッセージMSGの通りに加工プログラムGPRのうち該当する加工工程の加工条件を変更修正する。例えば、上述したようにナビゲート情報番号2番のメッセージMSGが表示された場合には、このメッセージの通りに該当する加工工程で使用する工具の工具材種を変更し、周速を上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。具体的には、加工条件を変更修正する前の工具の工具材種がチヨウコウであった場合には、クーラントスルー工具（スピンドルスルー付きの場合）に変更し、周速を上げる形で加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。即ち、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する切削において周速上限値が変更修正前より大きくとられ、変更修正前にあった主軸負荷の余裕分を更に利用する形で周速を上げている。従って、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速な加工が実現される。このように加工ナビゲーション装置2は、そのディスプレイ6で表示するメッセージMSGを介して、加工プログラムの変更修正を行う上での具体的な方向性（方針）を示すようになっているので、オペレータは特別な知識や経験がなくとも、該加工ナビゲーション装置2によって示される方針に沿って加工プログラムの変更修正を行うだけで、高速で効率の良い加工を実現する加工プログラムを簡単に作成できる。

【0026】

また一方、ステップSTP103において周速判定部42で、前記ドリルでの切削における周速が周速上限値WJ以下であると判定された場合、即ち主軸負荷に余裕があり（ステップSTP102で判定）、しかも周速にも余裕がある場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号1番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP105）。この場合は図8に示すように、周速を前記周速上限値WJまで上げることが可能であることを示す内容である（この場合、ナビゲ

ート情報番号1番のメッセージMSGと一緒に、周速上限値演算検出部46により演算検出された周速上限値WJもディスプレイ6を介して表示出力すると一層効果的である)。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK2において最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であり、かつ周速は周速上限値WJ以下であるので、加工の高速化を図るには、主軸負荷及び周速の余裕を利用する形で、周速を前記周速上限値WJまで上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号1番のメッセージMSG、即ち周速を前記周速上限値WJまで上げる内容のメッセージを表示する。そこで後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ナビゲート情報番号1番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK2での周速を、周速上限値WJを超えない値まで上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これにより、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する切削において周速が変更修正前より高くなっており、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速な加工が実現される。

【0027】

このようにステップSTP104又はステップSTP105を完了すると、図4に示すようにサブルーチンSR61を終了する。サブルーチンSR61を終了すると、図3に示すようにステップSTP8へと進む。即ち、処理終了判定部25は、変数メモリ20中の変数iが図2(b)に示す処理順iの最大値(この場合は4)以上であるかどうかを判定する。この場合には変数iの値が1であり、4以上でないので次のステップSTP9に進み、加工ナビゲーション実行部15は、変数メモリ20中の変数iの値に1を加える(これにより該変数iの値は2になった)。次いで図3に示すように再びステップSTP5に入り、サブルーチン番号検出部21に適用すべきサブルーチン番号の検出を指令し、これを受けてサブルーチン番号検出部21は、対象工具検出部27が検出した、該2回目の処理で対象となる工具の工具種(この場合の工具種は、例えば荒加工用のエンドミルであった)に基づき、前記サブルーチン番号テーブルVTBを参照する形で該工具種に対応するサブルーチン番号(この場合は図2(c)よりサブルーチン番号は62)を検出する。なおこの時点で対象工具検出部27は、変数メモリ20の変数iと同じ数値の処理順iに対応する工具番号T5、即ち2回目の処理で

対象になる工具の工具番号 T 5 を対象工具番号メモリ 2 9 に保存する。

【 0 0 2 8 】

次いでサブルーチン番号検出判定部 2 3 が、サブルーチン番号検出部 2 1 によりサブルーチン番号が検出されたことを判定し（ステップ S T P 6）、サブルーチン番号検出の判定結果 S 2 を出す。前記判定結果 S 2 を受けて加工ナビゲーション実行部 1 5 は、サブルーチン番号検出部 2 1 により検出されたサブルーチン番号（6 2）に基づき、該サブルーチン番号（6 2）に対応するサブルーチン S R 6 2（図 5 に示す）の処理を行う（ステップ S T P 7）。即ち、サブルーチン S R 6 2 では、まず図 5 に示すように加工ナビゲーション実行部 1 5 は、主軸負荷判定部 4 1 に主軸負荷の判定を行わせる（ステップ S T P 2 0 1）。このステップ S T P 2 0 1 での手順は、上述したサブルーチン S R 6 1 におけるステップ S T P 1 0 2 での手順と同じである。こうして前記荒加工用のエンドミルでの切削における最大主軸負荷が主軸負荷上限 S F 以下でないと判定された場合（即ち本実施例では、最大主軸負荷が 8 0 % より大きい場合）、周速判定部 4 2 が周速の判定を行う（ステップ S T P 2 0 2）。

【 0 0 2 9 】

このステップ S T P 2 0 2 での手順は、上述したサブルーチン S R 6 1 におけるステップ S T P 1 0 3 での手順と略同様である。即ち、周速判定部 4 2 は、対象工具番号メモリ 2 9 の工具番号 T 5 及び、シミュレーション結果情報メモリ 1 2 a の主軸状態情報 H J より、該荒加工用のエンドミルでの切削における周速（この場合は 1 0 0 . 4 m / 分）を検出する。上限基本周速ファイルメモリ 4 3 には、図 9（c）に示すような上限基本周速ファイル S Y F 2 が保存されており、この上限基本周速ファイル S Y F 2 には、エンドミル加工時における、各ワーク材質（F C、F C D、S 4 5 C、……）に対する上限基本周速（単位は m / 分）が格納されている。また、上限周速係数ファイルメモリ 4 5 には、図 9（d）に示すような上限周速係数ファイル S K F 2（なお上限周速係数ファイル S K F 2 は図 9（d）に示すように複数のテーブル t d 1、t d 2、t d 3、……、からなっており、各テーブル t d 1、t d 2、t d 3、……、は、それぞれ図 9（c）に示す上限基本周速ファイル S Y F 2 の各ワーク材質（F C、F C D、S

45C、……) に関するものである。) が保存されており、この上限周速係数ファイルSKF2には、エンドミル加工時における、各工具材種(ハイス、チウコウ、コートハイス、……)等に対する上限周速係数(単位は%)、即ち上限基本周速に対する修正係数が格納されている。そこで、周速上限値演算検出部46は、加工プログラムメモリ10に保存されている加工プログラムGPR中から、加工されるワークの材質を検出すると共に、対象工具番号メモリ29に保存されている工具番号T5に基づいて、工具データファイル9の工具データファイルKDFより、該工具の工具材種を検出する。そして周速上限値演算検出部46は、前記検出されたワーク材質に基づき、上限基本周速ファイルメモリ43に保存されている上限基本周速ファイルSYF2より該ワーク材質に対応した上限基本周速を検出すると共に、前記検出された工具材種及び、上限周速係数ファイルメモリ45に保存されている上限周速係数ファイルSKF2より該工具材種に対応した上限周速係数を検出する。更に周速上限値演算検出部46は、以上のように検出した上限基本周速と上限周速係数を掛け算することにより、工具材種を考慮した各ワーク材質における上限周速として、周速上限値WJ(単位はm/分)を演算検出する。

【0030】

周速判定部42は、ステップSTP202で検出された該エンドミルでの切削における周速が、周速上限値演算検出部46により演算検出された周速上限値WJ以下であるかどうかを判定する。そこで、この周速判定部42において、前記エンドミルでの切削における周速が周速上限値WJ以下ではないと判定された場合には、回転数判定部50が、対象工具番号メモリ29の工具番号T5及び、シミュレーション結果情報メモリ12aの主軸状態情報HJより、該エンドミルでの加工工程KK5における主軸の回転数(この場合には401回転/分)を検出し、該回転数が該主軸に関する基底回転数CH(加工効率判定パラメータとして機械が持っている数値であり、この数値以上になると主軸の出力は一定の最大出力となる)以下であるかどうかを比較判定する(ステップSTP203)。このステップSTP203において回転数判定部50により、主軸の回転数が基底回転数CH以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く(ステッ

ブSTEP 201で判定)、周速もこれ以上上げることができず(ステップSTEP 202で判定)、しかも定出力領域での加工(主軸の回転数を上げてても最大出力が上昇しない)である場合には、該当する加工工程KK5においてこれ以上の高速化は無理であるのでメッセージ等の表示を行わずサブルーチンSR62を終了する。また、このステップSTEP 203において回転数判定部50により、主軸の回転数が基底回転数CH以下であると判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く(ステップSTEP 201で判定)、周速もこれ以上上げることができないが(ステップSTEP 202で判定)、定トルク領域での加工(主軸の回転数を上げることにより主軸の最大出力が上昇する)である場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号4番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する(ステップSTEP 204)。この場合は図8に示すように、より高い周速での使用が可能となるように工具材種を変更して周速を上げるように指示する内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK5において最大主軸負荷が主軸負荷上限SFより大きく(例えば80%より大きく100%未満)、現在の加工プログラムGPRに指示された工具材種の工具では周速が周速上限値WJより大きくなるが、主軸の回転数が基底回転数CH以下であるので、加工の高速化を図るには、周速上限値WJを大きくとれる工具材種の工具に変更し(従って上限周速係数が大きくなるように工具材種を変更)、この変更に伴って大きくなった周速上限値WJに合わせて、主軸の負荷が変更前の主軸負荷パーセンテージを超えない範囲で周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号4番のメッセージMSG、即ち工具材種を変更して周速を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。具体的には、加工プログラムGPR中でオペレータが指示した工具の工具材種が小径のハイス(図9(d)より上限周速係数が25%)であった場合にはチョウコウ工具(図9(d)より上限周速係数が100%)に変更するなどの内容のメッセージである。こうしてステップSTEP 204の後、サブルーチンSR62を終了する。なおこの場合も後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号4番のメッセージM

S Gの通りに該当する加工工程K K 5で使用する工具の工具材種を変更し、周速を上げるように加工プログラムG P Rの加工条件を変更修正する。具体的には、加工条件を変更修正する前の工具の工具材種が小径のハイスであった場合には、チョウコウ工具に変更し、周速を上げる形で加工プログラムG P Rの加工条件を変更修正する。こうして、変更修正された加工プログラムP R Oでは、該当する加工工程K K 5において周速上限値が変更修正前より大きくとられ、変更修正前にあった主軸出力の余裕分を更に利用する形で周速を上げているので、該変更修正された加工プログラムP R Oを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【 0 0 3 1 】

また一方、上述したステップS T P 2 0 2において周速判定部4 2が、前記エンドミルでの切削における周速が周速上限値W J以下であると判定された場合には、回転数判定部5 0が、上述したステップS T P 2 0 3と同じ手順で、該エンドミルでの切削における主軸の回転数が該主軸に関する基底回転数C H以下であるかどうかを比較判定する（ステップS T P 2 0 5）。このステップS T P 2 0 5において回転数判定部5 0により、主軸の回転数が基底回転数C H以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く（ステップS T P 2 0 1で判定）、周速には余裕があるが（ステップS T P 2 0 2で判定）、定出力領域での加工である場合には、これ以上工具の周速及び主軸の回転数を上げて意味がないのでメッセージの表示等を行わずサブルーチンS R 6 2を終了する。また、このステップS T P 2 0 5において回転数判定部5 0により、主軸の回転数が基底回転数C H以下であると判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無いが（ステップS T P 2 0 1で判定）、周速に余裕があり（ステップS T P 2 0 2で判定）、定トルク領域での加工である場合には、ナビゲート情報管理部4 9は、ナビゲート情報メモリ4 7からナビゲート情報番号3番のメッセージM S Gを取り出し、表示制御部1 3に伝送する。表示制御部1 3は、該伝送されたメッセージM S Gをディスプレイ6で表示出力する（ステップS T P 2 0 6）。この場合は図8に示すように、周速を周速上限値まで上げることが可能であることを示す内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程K K 5において最大主軸負荷が主軸負

荷上限SFより大きい(例えば80%より大きく100%未満)、周速が周速上限値WJ以下であり、かつ主軸の回転数が基底回転数CH以下となるので、加工の高速化を図るには、変更前の主軸負荷パーセンテージを超えない範囲で周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号3番のメッセージMSG、即ち周速を周速上限値まで上げる内容のメッセージを表示する。そしてこのステップSTP206の後、サブルーチンSR62を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、オペレータはディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号3番のメッセージMSGの通りに、該当する加工工程KK5で周速を周速上限値WJを超えない値まで上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK5において周速が高くなっているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0032】

一方、ステップSTP201において、前記エンドミルでの切削における最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であると判定された場合(即ち最大主軸負荷が80%以下である場合)、前記ステップSTP202と同じ手順で周速判定部42が周速の判定を行う(ステップSTP207)。このステップSTP207において周速判定部42が、前記エンドミルでの切削における周速が周速上限値WJ以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷には余裕があるが(ステップSTP201で判定)、現在の加工プログラムGPRに指示された工具では、当該工具の周速上限値WJを超えてしまう場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号4番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する(ステップSTP208)。この場合は図8に示すように、より高い周速での使用が可能となるように工具の材種を変更して周速を上げるように指示する内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK5において最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であるが、周速が周速上限値WJより大きくなるので、加工の高速化を図るには、周速上限値WJ

を大きくとれる工具材種の工具に変更し（従って上限周速係数が大きくなるように工具材種を変更）、この変更に伴って大きくなった周速上限値 WJ に合わせて周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号4番のメッセージMSG、即ち工具材種を変更して周速を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。そしてこのステップSTP208の後、サブルーチンSR62を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号4番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK5で使用する工具の工具材種を変更し、周速を上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これにより、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK5において周速上限値が変更修正前より大きくとられ、この周速上限値を超えない形で周速を上げているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0033】

また、前記ステップSTP207において周速判定部42が、前記エンドミルでの切削における周速が周速上限値 WJ 以下であると判定された場合、即ち主軸負荷には余裕があり（ステップSTP201で判定）、しかも周速にも余裕がある場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号3番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP209）。この場合は図8に示すように、周速を周速上限値まで上げることが可能であることを示す内容である。即ちこの場合は、対象となる切削において最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であり、周速が周速上限値 WJ 以下であるので、加工の高速化を図るには、周速上限値 WJ に合わせて周速を上げればよいこととなる。従って、図8に示すナビゲート情報番号3番のメッセージMSG、即ち周速を周速上限値 WJ まで上げる内容のメッセージを表示する。そしてこのステップSTP209の後、サブルーチンSR62を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号3番のメッセージMSGの通

りに、該当する加工工程KK5で周速を周速上限値WJを超えない値まで上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK5において周速が高くなっているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0034】

サブルーチンSR62を終了すると、図3に示すようにステップSTP8へと進む。即ち、処理終了判定部25は、変数メモリ20中の変数iが図2(b)に示す処理順iの最大値(この場合は4)以上であるかどうかを判定する。この場合には変数iの値が2であり、4以上でないので次のステップSTP9に進み、加工ナビゲーション実行部15は、変数メモリ20中の変数iの値に1を加える(これにより該変数iの値は3になった)。次いで図3に示すように再びステップSTP5に入り、サブルーチン番号検出部21に適用すべきサブルーチン番号の検出を指令し、これを受けてサブルーチン番号検出部21は、対象工具検出部27が検出した、該3回目の処理で対象となる工具の工具種(この場合の工具種は、例えば荒加工用のフェイスミルであった)に基づき、前記サブルーチン番号テーブルVTBを参照する形で該工具種に対応するサブルーチン番号(この場合は図2(c)よりサブルーチン番号は63)を検出する。なおこの時点で対象工具検出部27は、変数メモリ20の変数iと同じ数値の処理順iに対応する工具番号T8、即ち3回目の処理で対象になる工具の工具番号T8を対象工具番号メモリ29に保存する。

【0035】

サブルーチン番号検出判定部23は、サブルーチン番号検出部21によりサブルーチン番号が検出されたことを判定し(ステップSTP6)、サブルーチン番号検出の判定結果S2を出す。前記判定結果S2を受けて加工ナビゲーション実行部15は、サブルーチン番号検出部21により検出されたサブルーチン番号(この場合は63)に基づき、該サブルーチン番号に対応するサブルーチンSR63(図6に示す)の処理を行う(ステップSTP7)。サブルーチンSR63では、まず図6に示すように加工ナビゲーション実行部15は、主軸負荷判定部

4 1 に主軸負荷の判定を行わせる (ステップ S T P 3 0 1) 。このステップ S T P 3 0 1 での手順は、上述したサブルーチン S R 6 2 におけるステップ S T P 2 0 1 での手順と同じである。こうして前記フェイスミルでの切削における最大主軸負荷が主軸負荷上限 S F 以下でないと判定された場合 (即ち最大主軸負荷が 8 0 % より大きい場合)、周速判定部 4 2 が周速の判定を行う (ステップ S T P 3 0 2) 。

【 0 0 3 6 】

このステップ S T P 3 0 2 での手順は、上述したサブルーチン S R 6 2 におけるステップ S T P 2 0 3 での手順と略同様である即ち、周速判定部 4 2 は、対象工具番号メモリ 2 9 の工具番号 T 8 及び、シミュレーション結果情報メモリ 1 2 a の加工状態情報 H J より、該フェイスミルでの切削における周速 (この場合は 1 1 0 . 9 m / 分) を検出する。上限基本周速ファイルメモリ 4 3 には、図 9 (e) に示すような上限基本周速ファイル S Y F 3 が保存されており、この上限基本周速ファイル S Y F 3 には、フェイスミル加工時における、各ワーク材質 (F C、F C D、S 4 5 C、……) に対する上限基本周速 (単位は m / 分) が格納されている。また、上限周速係数ファイルメモリ 4 5 には、図 9 (f) に示すような上限周速係数ファイル S K F 3 (なお上限周速係数ファイル S K F 3 は図 9 (f) に示すように複数のテーブル t f 1、t f 2、t f 3、……、からなっており、各テーブル t f 1、t f 2、t f 3、……、は、それぞれ図 9 (e) に示す上限基本周速ファイル S Y F 3 の各ワーク材質 (F C、F C D、S 4 5 C、……) に関するものである。) が保存されており、この上限周速係数ファイル S K F 2 には、フェイスミル加工時における、各工具材種 (チョウコウ、サーメット、コートチョウコウ、……) 等に対する上限周速係数 (単位は %)、即ち上限基本周速に対する修正係数が格納されている。そこで周速上限値演算検出部 4 6 は、加工プログラムメモリ 1 0 に保存されている加工プログラム G P R 中から、加工されるワークの材質を検出すると共に、対象工具番号メモリ 2 9 に保存されている工具番号 T 8 に基づいて、工具データファイル 9 の工具データファイル K D F より、該工具の工具材種を検出する。そして周速上限値演算検出部 4 6 は、前記検出されたワーク材質に基づき、上限基本周速ファイルメモリ 4 3 に保存さ

れている上限基本周速ファイルSYF3より該ワーク材質に対応した上限基本周速を検出すると共に、前記検出された工具材種及び、上限周速係数ファイルメモリ45に保存されている上限周速係数ファイルSKF3より該工具材種に対応した上限周速係数を検出する。更に周速上限値演算検出部46は、以上のように検出した上限基本周速と上限周速係数を掛け算することにより、工具材種を考慮した各ワーク材質における上限周速として、周速上限値WJ（単位はm/分）を演算検出する。

【0037】

周速判定部42は、ステップSTP302で検出された該フェイスミルでの切削における周速が、周速上限値演算検出部46により演算検出された周速上限値WJ以下であるかどうかを判定する。そこで、この周速判定部42において、前記フェイスミルでの切削における周速が周速上限値WJ以下ではないと判定された場合には、回転数判定部50が、上述したサブルーチンSR62におけるステップSTP203と同じ手順で、該フェイスミルでの切削における主軸の回転数が該主軸に関する基底回転数CH以下であるかどうかを比較判定する（ステップSTP303）。このステップSTP303において回転数判定部50により、主軸の回転数が基底回転数CH以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く（ステップSTP301で判定）、周速に余裕が無く（ステップSTP302で判定）、定出力領域での加工である場合には、これ以上周速及び主軸の回転数を上げて意味がないのでメッセージの表示等を行わずサブルーチンSR63を終了する。また、このステップSTP303において回転数判定部50により、主軸の回転数が基底回転数CH以下であると判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く（ステップSTP301で判定）、周速にも余裕が無いが（ステップSTP302で判定）、定トルク領域での加工である場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号6番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP304）。この場合は図8に示すように、より高い周速での使用が可能になるように工具の材種を変更して周速を上げるように指示する内容である。即ち

この場合は、対象となる加工工程KK8において最大主軸負荷が主軸負荷上限SFより大きく（例えば80%より大きく100%未満）、周速が周速上限値WJより大きくなるが、主軸の回転数が基底回転数CH以下となるので、加工の高速化を図るには、周速上限値WJを大きくとれる工具材種の工具に変更し（従って上限周速係数が大きくなるように工具材種を変更）、この変更に伴って大きくなった周速上限値WJに合わせて、変更前の主軸負荷パーセンテージを超えない範囲で周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号6番のメッセージMSG、即ち工具材種を変更して周速を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。具体的には、図8に示すように工具材種がチョウコウ（図9（f）より上限周速係数が100%）であった場合にはコートチョウコウ（図9（f）より上限周速係数が115%）に変更するなどの内容のメッセージである。そしてこのステップSTP304の後、サブルーチンSR63を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号6番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK8で使用する工具の工具材種を変更し、周速を上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これにより、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK8において周速上限値が変更修正前より大きくとられ、この周速上限値を超えない形で周速を上げているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0038】

また一方、上述したステップSTP302において周速判定部42が、前記フェイスミルでの切削における周速が周速上限値WJ以下であると判定された場合には、回転数判定部50が、上述したステップSTP303と同じ手順で、該フェイスミルでの切削における主軸の回転数が該主軸に関する基底回転数以下であるかどうかを比較判定する（ステップSTP305）。このステップSTP305において回転数判定部50により、主軸の回転数が基底回転数CH以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く（ステップSTP301で判定）、周速には余裕があるが（ステップSTP302で判定）、定出力領域での

加工である場合には、これ以上主軸の回転数を上げて意味がないのでメッセージの表示等を行わずサブルーチンSR63を終了する。また、このステップSTP305において回転数判定部50により、主軸の回転数が基底回転数CH以下であると判定された場合、即ち主軸負荷に余裕が無く（ステップSTP301で判定）、周速には余裕があり（ステップSTP302で判定）、定トルク領域での加工である場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号5番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP306）。この場合は図8に示すように周速を周速上限値まで上げることが可能であることを示す内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK8において最大主軸負荷が主軸負荷上限SFより大きい（例えば80%より大きく100%未満）、周速が周速上限値WJ以下であり、かつ主軸の回転数が基底回転数CH以下となるので、加工の高速化を図るには、周速上限値WJに合わせて変更前の主軸負荷パーセンテージを超えない範囲で周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号5番のメッセージMSG、即ち周速を周速上限値まで上げる内容のメッセージを表示する。そしてこのステップSTP306の後、サブルーチンSR63を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号5番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK8で周速を周速上限値WJを超えない値まで上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK8において周速が高くなっているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0039】

一方、ステップSTP301において、前記フェイスミルでの切削における最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であると判定された場合（即ち最大主軸負荷が80%以下ある場合）、前記ステップSTP302と同じ手順で周速判定部42が周速の判定を行う（ステップSTP307）。このステップSTP307

において周速判定部 42 が、前記フェイスミルでの切削における周速が周速上限値 WJ 以下ではないと判定された場合には、回転数判定部 50 が、上述したステップ $STP303$ 、 $STP305$ と同じ手順で、フェイスミルでの切削における主軸の回転数が該主軸に関する基底回転数 CH 以下であるかどうかを比較判定する（ステップ $STP308$ ）。このステップ $STP308$ において回転数判定部 50 により、主軸の回転数が基底回転数 CH 以下ではないと判定された場合、即ち主軸負荷には余裕があるが（ステップ $STP301$ で判定）、周速に余裕がなく（ステップ $STP307$ で判定）、定出力領域での加工である場合には、これ以上周速及び主軸の回転数を上げて意味がないのでメッセージの表示等を行わずサブルーチン $SR63$ を終了する。また、このステップ $STP308$ において回転数判定部 50 により、主軸の回転数が基底回転数 CH 以下であると判定された場合、即ち主軸負荷には余裕があるが（ステップ $STP301$ で判定）、周速に余裕がなく（ステップ $STP307$ で判定）、定トルク領域での加工である場合には、ナビゲート情報管理部 49 は、ナビゲート情報メモリ 47 からナビゲート情報番号 7 番のメッセージ MSG を取り出し、表示制御部 13 に伝送する。表示制御部 13 は、該伝送されたメッセージ MSG をディスプレイ 6 で表示出力する（ステップ $STP309$ ）。この場合は図 8 に示すように、工具の周速を上げずに主軸の回転数を上げ、従って主軸負荷を更に上げることができるよう、工具径を小さくして回転数を上げるように指示する内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程 $KK8$ において最大主軸負荷が主軸負荷上限 SF 以下であるが、周速が周速上限値 WJ より大きく、主軸の回転数が基底回転数 CH 以下となるので、加工の高速化を図るには、工具径が小さい工具に交換し、これにより工具の周速を上げずに主軸の回転数を、基底回転数 CH 以上に上げるようにすればよいことになる。従って、図 8 に示すナビゲート情報番号 7 番のメッセージ MSG 、即ち工具径を小さくして回転数を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。そしてこのステップ $STP309$ の後、サブルーチン $SR63$ を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラム GPR の変更修正の際には、ディスプレイ 6 で表示出力されたナビゲート情報番号 7 番のメッセージ MSG の通りに、該当する加工工程 $KK8$ で、使用する工具を工具径の小さいものに変更し

、主軸の回転数を基底回転数CH以上に上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK8において周速が高くなることなく回転数が上げられ、従って主軸負荷が上げられているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0040】

また、ステップSTP307において周速判定部42が、前記フェイスマイルでの切削における周速が周速上限値WJ以下であると判定された場合、即ち主軸負荷には余裕があり（ステップSTP301で判定）、周速にも余裕がある場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号5番のメッセージMSGを取り出し、表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP310）。この場合は図8に示すように周速を周速上限値まで上げることが可能であることを示す内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK8において最大主軸負荷が主軸負荷上限SF以下であり、周速が周速上限値WJ以下であるので、加工の高速化を図るには、該周速上限値WJに合わせて変更前の主軸負荷パーセンテージを超えない範囲で周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号5番のメッセージMSG、即ち周速を周速上限値まで上げることができるという内容のメッセージを表示する。そしてこのステップSTP310の後、サブルーチンSR63を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号5番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK8で周速を周速上限値WJを超えない値まで上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK8において周速が高くなっているので、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0041】

こうしてサブルーチンSR63を終了すると、図3に示すようにステップS

TP 8へと進む。即ち、処理終了判定部 25 は、変数メモリ 20 中の変数 i が図 2 (b) に示す処理順 i の最大値 (この場合は 4) 以上であるかどうかを判定する。この場合には変数 i の値が 3 であり、4 以上でないで次のステップ STP 9 に進み、加工ナビゲーション実行部 15 は、変数メモリ 20 中の変数 i の値に 1 を加える (これにより該変数 i の値は 4 になった)。次いで図 3 に示すように再びステップ STP 5 に入り、サブルーチン番号検出部 21 に適用すべきサブルーチン番号の検出を指令し、これを受けてサブルーチン番号検出部 21 は、対象工具検出部 27 が検出した、該 4 回目の処理で対象となる工具の工具種 (この場合の工具種は、例えば仕上加工用のエンドミルであった) に基づき、前記サブルーチン番号テーブル VT B を参照する形で該工具種に対応するサブルーチン番号 (この場合は図 2 (c) より、仕上加工用エンドミル又は仕上加工用フェイスミルに対応したサブルーチンを示すサブルーチン番号が 64 のサブルーチン) を検出する。なおこの時点で対象工具検出部 27 は、変数メモリ 20 の変数 i と同じ数値の処理順 i に対応する工具番号 T 10、即ち 4 回目の処理で対象になる工具の工具番号 T 10 を対象工具番号メモリ 29 に保存する。

【 0 0 4 2 】

サブルーチン番号検出判定部 23 は、サブルーチン番号検出部 21 によりサブルーチン番号が検出されたことを判定し (ステップ STP 6)、サブルーチン番号検出の判定結果 S 2 を出す。前記判定結果 S 2 を受けて加工ナビゲーション実行部 15 は、サブルーチン番号検出部 21 により検出されたサブルーチン番号 (この場合は 64) に基づき、該サブルーチン番号に対応するサブルーチン SR 64 (図 7 に示す) の処理を行う (ステップ STP 7)。サブルーチン SR 64 では、まず図 7 に示すように加工ナビゲーション実行部 15 が、周速判定部 42 に周速の判定を行わせる (ステップ STP 401)。

【 0 0 4 3 】

このステップ STP 401 での手順は、上述したサブルーチン SR 63 におけるステップ STP 302 等での手順と略同様である。即ち、周速判定部 42 は、対象工具番号メモリ 29 の工具番号 T 10 及び、シミュレーション結果情報メモリ 12 a の加工状態情報 H J より、該エンドミルでの切削における周速 (この

場合は80.0m/分)を検出する。そこで、周速上限値演算検出部46は、加工プログラムメモリ10に保存されている加工プログラムGPR中から、加工されるワークの材質を検出すると共に、対象工具番号メモリ29に保存されている工具番号T10に基づいて、工具データファイル9の工具データファイルKDFより、該エンドミルの工具材種を検出する。そして周速上限値演算検出部46は、前記検出されたワーク材質に基づき、上限基本周速ファイルメモリ43に保存されている上限基本周速ファイルSYF2より該ワーク材質に対応した上限基本周速を検出すると共に、前記検出された工具材種及び、上限周速係数ファイルメモリ45に保存されている上限周速係数ファイルSKF2より該工具材種に対応した上限周速係数を検出する。更に周速上限値演算検出部46は、以上のように検出した上限基本周速と上限周速係数を掛け算することにより、工具材種を考慮した各ワーク材質における上限周速として、周速上限値WJ(単位はm/分)を演算検出する。

【0044】

この周速判定部42において、前記仕上加工用のエンドミルでの切削における周速が周速上限値WJ以下ではないと判定された場合、即ち現在の加工プログラムGPRに指示された工具では、周速上限値WJを超えてしまう場合には、対象工具検出部27により検出されていた、該4回目の処理で対象となる工具の工具種(この場合の工具種は仕上加工用のエンドミルであった)を示す信号がナビゲート情報管理部49に出力される。この場合は工具種は仕上加工用のエンドミルであるので、前記信号を受けたナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号9番のメッセージMSGを取り出し、このメッセージMSGを表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する(ステップSTP402)。この場合は図8に示すように、より高い周速での使用が可能となるように工具材種を変更して周速を上げると共に、より早い送りでの使用が可能となるように刃数の多い工具に変更して送りを上げるように指示する内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK10において周速が周速上限値WJより大きいので、加工の高速化を図るには、周速上限値WJが大きくとれる工具材種の工具に変

更し、この変更に伴って大きくなった周速上限値WJに合わせて周速を上げると共に、刃数の多い工具に変更して送り速度を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号9番のメッセージMSG、即ち刃数の多い工具に変更して送り速度を上げ、工具材種を変更して周速を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。具体的には、加工プログラムGPR中でオペレータが指示した工具の工具材種がハイス（図9（d）より上限周速係数が25%）であった場合にはチョウコウ（図9（d）より上限周速係数が100%）に変更するなどの内容のメッセージである。そしてこのステップSTP402の後、サブルーチンSR64を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号9番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK10で、工具の工具材種を変更すると共に、該工具を刃数の多いものに変更し、周速を周速上限値WJを超えない値まで上げると共に、送りを上げるように加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK10において周速や送りが高くなっているのを、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0045】

なおこの4回目の処理で対象となる工具の工具種が仕上加工用のフェイスミルである場合（サブルーチンSR64は仕上加工用のエンドミル及びフェイスミルに共通）には、ステップSTP401で前述と同様の処理を行った後、前記ステップSTP402においてナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号10番のメッセージMSGを取り出し、このメッセージMSGを表示制御部13に伝送し、表示制御部13が該メッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する。この場合にも、対象となる加工工程KK10において周速が周速上限値WJより大きいので、加工の高速化を図るには、刃数の多い工具に変更して送り速度を上げると共に、周速上限値WJが大きくなるように工具材種を変更し、この変更に伴って大きくなった周速上限値WJに合わせて周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号10番のメッセージMSG、即ち刃数の多い工具に変更して送り速度を上げ、工具材

種を変更して周速を上げるように指示する内容のメッセージを表示する。具体的には、図8に示すように工具材種がチョウコウ（図9（f）より上限周速係数が100%）であった場合にはコートチョウコウ（図9（f）より上限周速係数が115%）又はサーメット（図9（f）より上限周速係数が120%）に変更するなどの内容のメッセージであり、このメッセージに従って加工プログラムGPRの加工条件を変更修正すると高速で効率の良い加工が実現できるものとなっている。

【0046】

また上述したステップSTP401で周速判定部42において、前記エンドミル（フェイスミルも同様）での切削における周速が周速上限値WJ以下であると判定された場合、即ち現在の加工プログラムGPRに指示された工具では周速に余裕がある場合には、ナビゲート情報管理部49は、ナビゲート情報メモリ47からナビゲート情報番号8番のメッセージMSGを取り出し、このメッセージMSGを表示制御部13に伝送する。表示制御部13は、該伝送されたメッセージMSGをディスプレイ6で表示出力する（ステップSTP403）。ナビゲート情報番号8番のメッセージMSGは図8に示すように、周速を周速上限値まで上げるように指示する内容である。即ちこの場合は、対象となる加工工程KK10において周速が周速上限値WJ以下であるので、加工の高速化を図るには、前記周速上限値WJに合わせて周速を上げればよいことになる。従って、図8に示すナビゲート情報番号8番のメッセージMSG、即ち周速を周速上限値まで上げる内容のメッセージを表示する。そしてこのステップSTP403の後、サブルーチンSR64を終了する。なおこの場合にも後述する加工プログラムGPRの変更修正の際には、ディスプレイ6で表示出力されたナビゲート情報番号8番のメッセージMSGの通りに該当する加工工程KK10で周速を周速上限値WJを超えない値まで上げる形で加工プログラムGPRの加工条件を変更修正する。これによって、変更修正された加工プログラムPROでは、該当する加工工程KK10において周速が高くなっているため、該変更修正された加工プログラムPROを実行すると高速で効率の良い加工が実現される。

【0047】

このようにサブルーチンSR64を終了すると、図3に示すようにステップSTP8へと進む。即ち、処理終了判定部25は、変数メモリ20中の変数iが図2(b)に示す処理順iの最大値(この場合は4)以上であるかどうかを判定する。この場合には変数iの値が4であり、4以上であるのでナビゲーションプログラムNPRを終了する。こうして上述したように、工具番号T2、T5、T8、T10による各加工工程KK2、KK5、KK8、KK10に関するナビゲート情報(図8に示すようなメッセージMSG)を得ることにより、オペレータは、これらメッセージの示す方針に従って、上述したように該当する各加工工程において、工具の工具材種や周速、主軸の回転数等を変更する形で、既に作成されている加工プログラムGPRの変更修正を公知のプログラム修正方法に従って行う。こうして加工プログラムGPRが変更修正され加工プログラムPROが作成された。作成された加工プログラムPROは、前記加工プログラムGPRに代えて加工プログラムメモリ10に格納される。

【0048】

こうして作成された加工プログラムPROは、上述したように、各加工条件が主軸モータ等の能力の範囲内でより高速な加工を行えるように修正変更されることにより作成された修正加工プログラムとなっているので、該加工プログラムPROを用いて加工を行うと、修正前の原加工プログラムである加工プログラムGPR等を用いるよりも更に高速で効率の良い加工が実現される。以上のように本実施例の加工ナビゲーション装置2を用いると、自動プログラミング等により一旦作成した加工プログラムGPRについて、加工条件を改善しようとする各加工工程を指定して入力すると、該加工工程に関する加工プログラムの変更修正を行う上での具体的な方針をメッセージMSG等を介して示すようになっているので、オペレータは特別な知識や経験がなくとも、該加工ナビゲーション装置2によって示される方針に沿って加工プログラムGPRの変更修正を行うだけで、高速な加工を実現する加工プログラムPROを作成できる。また、過去に旧型の工作機械において作成した加工プログラムを、新しい工具材種や主軸負荷能力の増大した新型の工作機械に適応させる形で修正することも容易にできるので、加工プログラムを常に最新の性能を維持した形で保有することが可能となり、ソフト

ウェア資産を陳腐化させることなく有効に活用することができる。

【 0 0 4 9 】

なお上述した実施例では、加工プログラム作成支援装置の一例である加工ナビゲーション装置 2 は、マシニングセンタ 2 における加工プログラム P R O の作成を支援する装置として説明しているが、本発明による加工プログラム作成支援装置は、マシニングセンタ以外にも、旋盤、放電加工機、レーザ加工機等のその他の工作機械における加工プログラム（修正加工プログラム）の作成を支援する装置であってもよい。この場合、上述した実施例での加工条件や、加工状態情報 H J（図 2（d）より、最大主軸負荷、工具の周速、主軸の回転数）等の加工実行状態計測値は、それぞれの工作機械に応じた数値（ワーク主軸の回転数やワーク主軸の負荷、電極間隙の大きさや電圧負荷等）になる。また、上述した実施例での主軸負荷上限 S F、周速上限値 W J、基底回転数 C H 等の加工効率判定パラメータは、それぞれの工作機械に応じたパラメータ（ワーク主軸の負荷上限、電圧負荷上限等）になる。勿論、表示されるメッセージもそれぞれの工作機械に応じた内容のものとなる。

【 0 0 5 0 】

また上述した実施例では、加工プログラム作成支援装置の一例である加工ナビゲーション装置 2 は、マシニングセンタ 2 の制御装置 1 0 0 に組み込まれた形で設けられているが、加工プログラム作成支援装置は、マシニングセンタ 2 及びその制御装置 1 0 0 等とは別個の独立した装置となってもよい。更に、加工シミュレーション（或いは実際にテスト加工を行っても良い）を加工プログラム作成支援装置以外の別の装置で行っておき、その結果情報 K J のうち、加工条件の修正変更を行おうとする加工工程についての加工状態情報 H J（加工実行状態計測値）だけを該加工プログラム作成支援装置に入力して記憶格納し、これらについて解析（加工ナビゲーション）を行うようにしてもよい。従って、加工プログラム作成支援装置には、加工プログラム G P R 等の原加工プログラムを記憶格納しなくてもよく、この場合には加工プログラムメモリ 1 0 も不要になる。

【 0 0 5 1 】

また上述した実施例では、図 8 のメッセージ M S G に示すように、「周速を

(周速上限値)まで上げることが可能」といったように表示しているが、周速上限値の数値を表示する形で、例えば、「周速を、……m/秒まで上げることが可能」といったように表示しても便利である。また、高速な加工事例(例えば使用工具の種類と、周速や送り等の加工条件)と一緒に表示するようにしてもよい。

【0052】

また上述した実施例では、加工ナビゲーションの対象とする各加工工程について、加工ナビゲーションを1回ずつ行っているが(サブルーチンSR61~SR64等の処理を各1回ずつ行っている)、同一の加工工程について加工ナビゲーションを2回以上行うようにしてもよい(即ち、同一の加工工程についてサブルーチンSR61~SR64等の処理を2回以上行ってもよい)。例えば、図3に示すナビゲーションプログラムNPRを行って加工プログラムの変更修正を完了した後、再び加工シミュレーションを行い、その結果に応じて2回目のナビゲーションプログラムNPRを行って、更に加工プログラムの変更修正を行うようにしてもよく、更に、このような加工シミュレーションの実行(或いはテスト加工の実行)、ナビゲーションプログラムNPRの実行、加工プログラムの変更修正からなる一連の工程を何度も繰り返して、より優れた加工プログラムを作成するようにしてもよい。勿論、図3に示すナビゲーションプログラムNPRを用いず、加工ナビゲーションの対象とする加工工程を1つずつ指定入力して加工ナビゲーションを行う方法(既に説明済み)を採用する場合でも、加工シミュレーションの実行(或いはテスト加工の実行)、加工ナビゲーションの実行、加工プログラムの変更修正からなる一連の工程を何度も繰り返して、より優れた加工プログラムを作成するようにしてもよい。

【0053】

更に上述した実施例では、加工効率判定パラメータとして、主軸負荷上限SF、周速上限値WJ、基底回転数CH等を採用したが、加工効率判定パラメータはこれらに限定されず、加工効率に寄与可能なパラメータであるなら自由に設定可能である。また例えば、主軸の回転数に関するパラメータとしては、上述した実施例のように基底回転数CHを設定するほか、主軸の回転数に対する出力特性等も設定可能である。具体的には、加工ナビゲーション装置2は、図10にグラ

フとして示すような主軸の回転数に対する出力特性QGを有しており、加工ナビゲーション実行時には、該出力特性QGに基づいて、主軸の回転数から加工効率を判定するようにする。例えば図10に示すように、主軸の回転数が基底回転数である回転数ch1より小さい場合は、出力特性QGより、定トルク領域P1での加工であることから最大出力まで余裕があり、その分、主軸の回転数を上げるなどして加工効率を向上できると判定し、また主軸の回転数が前記回転数ch1以上である場合は、出力特性QGより、定出力領域P2での加工であることから単に主軸の回転数を上げることによってこれ以上加工効率を向上できないと判定する。特に、出力特性QGに基づいて加工効率を判定することが有利になるのは、例えば図10の二点鎖線で示すように、基底回転数ch1よりも大きな所定の回転数ch2を超えると、回転数が増加するに従って出力が低下する傾向を示す領域P3をもつような出力特性の場合である。この場合には、例えば図10に示すように、主軸の回転数が所定の回転数ch2より大きければ、前記領域P3での加工となっているので、主軸の回転数を前記回転数ch2以下（但し、基底回転数ch1以上）に下げるなどして加工効率を向上できると判定することができる。

【0054】

また上述した実施例では、加工ナビゲーションの結果、表示されたメッセージを見てオペレータ（或いはプログラマ）が加工プログラムを変更修正するようになっているが、周辺装置（工具管理システム、異常管理システム、その他のセンサ類）の進歩によっては、マシニングセンタ1等のNC装置による自律的な加工プログラムを変更修正（加工条件の更新）も可能である。また、上述した実施例では加工ナビゲーションで表示するメッセージMSGは文字（文章）であったが、加工条件の変更修正方針を示していれば、これ以外にも、記号、図形、映像、音声等による有意情報をメッセージとして採用することも可能である。

【0055】

【発明の効果】

以上説明したように本発明のうち第1の発明は、加工条件が設定された加工工程KK1～KK10等の加工工程を1つ以上含んだ加工プログラムGPR等の

原加工プログラムを、該原加工プログラムを実行して得た前記加工工程に関する加工状態情報 H J 等の加工実行状態計測値を参照して変更修正する形で加工プログラム P R O 等の修正加工プログラムを作成する作業を支援する加工プログラム作成支援装置において、前記加工工程について加工条件の変更修正方針を示したメッセージ M S G 等のメッセージを保存したナビゲート情報メモリ 4 7 等のメッセージ保存部を有し、前記原加工プログラムを実行して得た前記加工工程に関する加工実行状態計測値を記憶格納するシミュレーション結果情報メモリ 1 2 a 等の加工実行状態計測値メモリを設け、主軸負荷上限 S F、周速上限値 W J、基底回転数 C H、出力特性 Q G 等の加工効率判定パラメータに基づいて各加工工程の加工効率を判定するサブルーチン S R 6 1 ~ S R 6 4 等の加工効率判定プログラムを記憶格納したシステムプログラムメモリ 1 6 等の第 1 のメモリ手段を設け、前記原加工プログラムにおける前記加工工程に関し、前記加工実行状態計測値メモリに記憶格納された加工実行状態計測値を、前記第 1 のメモリ手段に記憶格納した前記加工効率判定プログラムに基づいて解析する主軸負荷判定部 4 1、周速判定部 4 2、回転数判定部 5 0 等の加工実行状態計測値解析部を設け、前記加工実行状態計測値解析部による解析結果に応じて、前記メッセージ保存部に保存されたメッセージを選択表示するディスプレイ 6、表示制御部 1 3 等のメッセージ表示部を設けて構成される。従って、本発明による加工プログラム作成支援装置を用いると、自動プログラミング等により一旦作成した加工プログラム G P R (或いは作成途中の加工プログラム) や、既に作成されている既成の加工プログラム等のような原加工プログラムにおける加工工程に関し、加工実行状態計測値を加工効率判定プログラムに基づいて解析し、その解析結果に応じて、加工プログラムの変更修正を行う上での方針をメッセージの表示により示すようになっているので、オペレータは特別な知識や経験がなくとも、該加工プログラム作成支援装置によって示される変更修正方針に沿って原加工プログラムの加工条件の変更修正を行うだけで、効率の良い加工(即ち高速な加工等)を実現する修正加工プログラムを簡単に作成できる。また本発明により、過去に旧型の工作機械において作成した既成の原加工プログラムを、例えば新しい工具材種や主軸負荷能力の増大した新型の工作機械に適応させる形で修正することも容易にできるので、

加工プログラムを常に最新の性能を維持した形で保有することが可能となり、ソフトウェア資産を陳腐化させることなく有効に活用することができる。

【 0 0 5 6 】

また本発明のうち第 2 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記加工実行状態計測値解析部による解析対象とする加工工程を指定入力自在なキーボード 5 等の加工工程指定入力手段を設け、前記加工実行状態計測値解析部は、前記加工工程指定入力手段を介して指定入力された加工工程に関し、前記加工実行状態計測値メモリに記憶格納された加工実行状態計測値を、前記第 1 のメモリ手段に記憶格納した前記加工効率判定プログラムに基づいて解析するようになっているので、加工実行状態計測値解析部による解析は、原加工プログラム中の全ての加工工程に関して行わなくて済む。即ち、第 1 の発明による効果に加えて、加工効率を改善したいと望む加工工程を指定入力し、これら指定入力された加工工程についてのみ加工実行状態計測値解析部による解析を行えばよいので、処理時間を節約でき好都合である。

【 0 0 5 7 】

また本発明のうち第 3 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記原加工プログラムを記憶格納する加工プログラムメモリ 10 等の第 2 のメモリ手段を設け、前記第 2 のメモリ手段に記憶格納された前記原加工プログラムに基づいて加工シミュレーションを実行する加工シミュレーション実行部 11 等の加工シミュレーション実行手段を設け、前記加工実行状態計測値メモリには、前記加工シミュレーション実行手段によって加工シミュレーションを実行して得た計算値を加工実行状態計測値として記憶格納する。従って、第 1 の発明による効果に加えて、加工実行状態計測値は実際の加工を行わなくとも加工シミュレーションで得ることができるので、その分、時間や手間を省くことができ便利である。

【 0 0 5 8 】

また本発明のうち第 4 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記加工実行状態計測値は主軸負荷に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータは主軸負荷に関するパラメータであるので、加工実行状態

計測値解析部では、原加工プログラムにおける加工工程に関し、主軸負荷に関する加工実行状態計測値を、主軸負荷に関する加工効率判定パラメータに基づいて加工効率を判定する形で解析することになる。従って、第1の発明による効果に加えて、主軸負荷に基づいて加工効率を判定するので、主軸負荷を工作機械の能力の範囲内で有効に向上させるという方向性での、加工条件の変更修正方針を示すメッセージにより、加工効率を的確に向上できる形での適切な加工プログラム作成支援が可能となる。

【0059】

また本発明のうち第5の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記加工実行状態計測値は工具の周速に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータは工具の周速に関するパラメータであるので、加工実行状態計測値解析部では、原加工プログラムにおける加工工程に関し、工具の周速に関する加工実行状態計測値を、工具の周速に関する加工効率判定パラメータに基づいて加工効率を判定する形で解析することになる。従って、第1の発明による効果に加えて、工具の周速に基づいて加工効率を判定するので、工具の周速を有効に向上させるという方向性での、加工条件の変更修正方針を示すメッセージにより、加工効率を的確に向上できる形での適切な加工プログラム作成支援が可能となる。

【0060】

また本発明のうち第6の発明は、第1の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記加工実行状態計測値は主軸の回転数に関する数値であり、前記加工効率判定パラメータは主軸の回転数に関するパラメータであるので、加工実行状態計測値解析部では、原加工プログラムにおける加工工程に関し、主軸の回転数に関する加工実行状態計測値を、主軸の回転数に関する加工効率判定パラメータに基づいて加工効率を判定する形で解析することになる。従って、第1の発明による効果に加えて、主軸の回転数に基づいて加工効率を判定するので、主軸の回転数を主軸能力の範囲内で有効に向上させるという方向性での、加工条件の変更修正方針を示すメッセージにより、加工効率を的確に向上できる形での適切な加工プログラム作成支援が可能となる。

【 0 0 6 1 】

また本発明のうち第 7 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記メッセージ保存部は、工具の周速を高める形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージを保存しているので、第 1 の発明による効果に加えて、工具の周速を有効に向上させるという方針で加工効率を向上させる形での加工プログラム作成支援が可能となる。

【 0 0 6 2 】

また本発明のうち第 8 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記メッセージ保存部は、主軸の回転数を高める形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージを保存しているので、第 1 の発明による効果に加えて、主軸の回転数を有効に向上させるという方針で加工効率を向上させる形での加工プログラム作成支援が可能となる。

【 0 0 6 3 】

また本発明のうち第 9 の発明は、第 1 の発明による加工プログラム作成支援装置において、前記メッセージ保存部は、工具を変更する形での加工条件の変更修正方針を示したメッセージを保存しているので、第 1 の発明による効果に加えて、工具を変更するという方針で、工具の周速や主軸の回転数等に余裕を持たせた上で、この余裕を利用して工具の周速や主軸の回転数等を更に向上させ加工効率を向上させる形での加工プログラム作成支援が可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】

図 1 は、本発明による加工プログラム作成支援装置の一例である加工ナビゲーション装置を有した、マシニングセンタの制御装置を示すブロック図である。

【 図 2 】

図 2 (a) は、切削時刻情報を表わしたグラフを示す図、
図 2 (b) は、処理テーブルを示した図、
図 2 (c) は、サブルーチン番号テーブルを示した図、
図 2 (d) は、加工状態情報を示した図である。

【 図 3 】

図 3 は、ナビゲーションプログラムの内容を示したフローチャートである。

【図 4】

図 4 は、サブルーチン 6 1 R の内容を示したフローチャートである。

【図 5】

図 5 は、サブルーチン 6 2 R の内容を示したフローチャートである。

【図 6】

図 6 は、サブルーチン 6 3 R の内容を示したフローチャートである。

【図 7】

図 7 は、サブルーチン 6 4 R の内容を示したフローチャートである。

【図 8】

図 8 は、ナビゲート情報ファイルを示した図である。

【図 9】

図 9 (a) は、上限基本周速ファイル S Y F 1 を示した図、

図 9 (b) は、上限周速係数ファイル S K F 1 を示した図、

図 9 (c) は、上限基本周速ファイル S Y F 2 を示した図、

図 9 (d) は、上限周速係数ファイル S K F 2 を示した図、

図 9 (e) は、上限基本周速ファイル S Y F 3 を示した図、

図 9 (f) は、上限周速係数ファイル S K F 3 を示した図である。

【図 1 0】

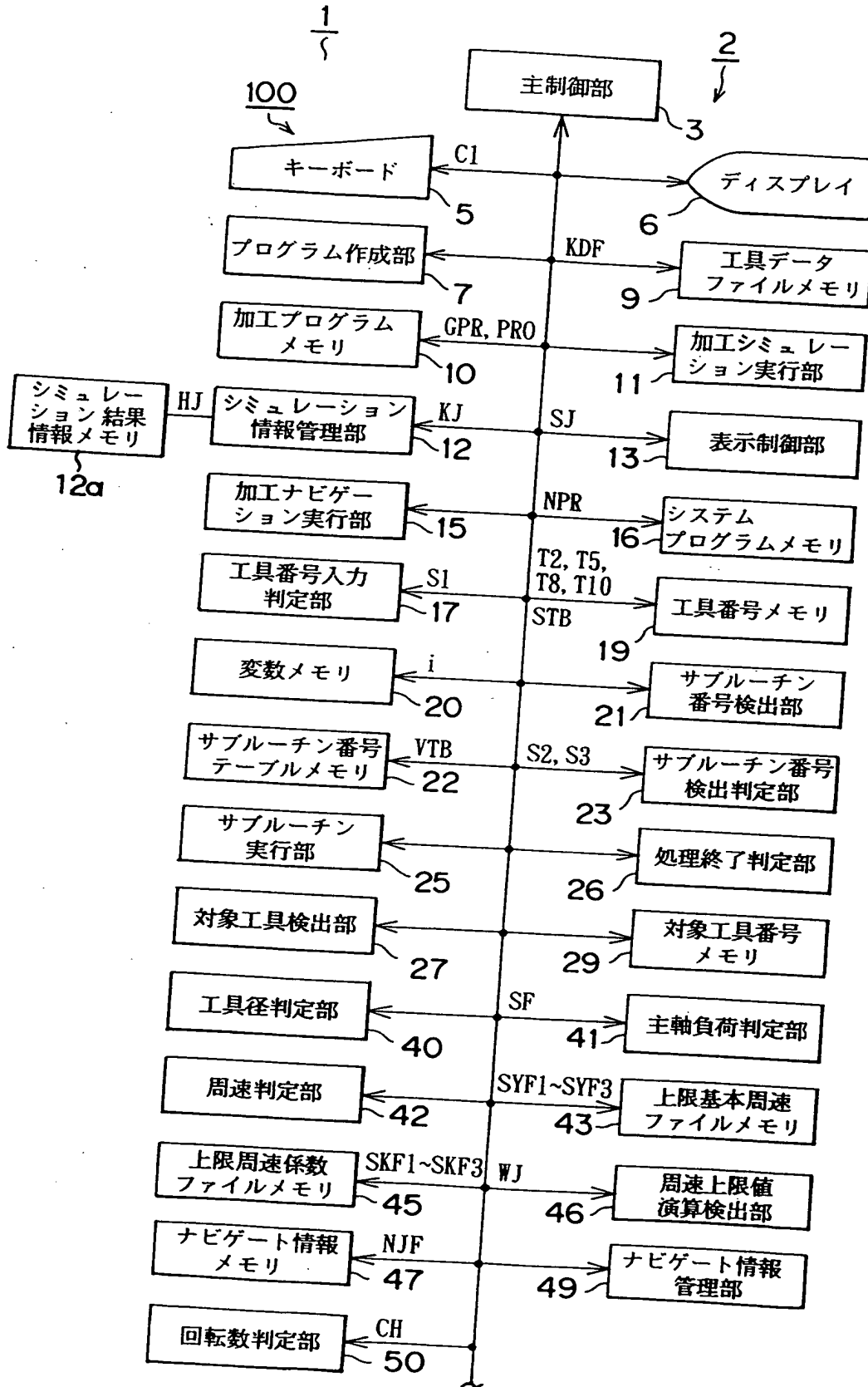
図 1 0 は、主軸の回転数に対する出力特性をグラフで示した図である。

【符号の説明】

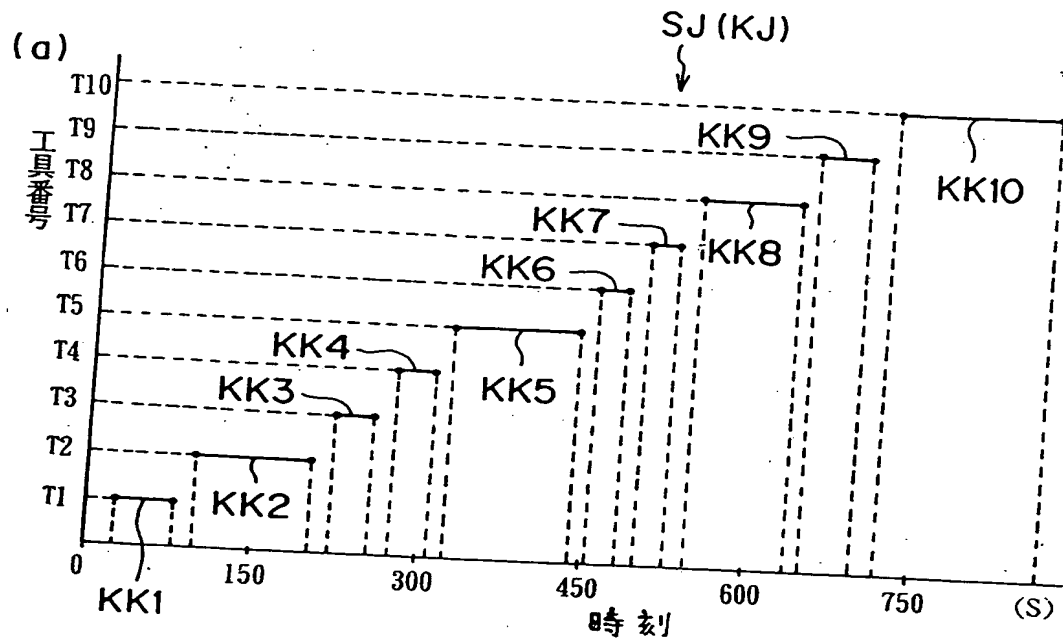
- 2 …… 加工プログラム作成支援装置 (加工ナビゲーション装置)
- 5 …… 加工工程指定入力手段 (キーボード)
- 6 …… メッセージ表示部 (ディスプレイ)
- 1 0 …… 第 2 のメモリ手段 (加工プログラムメモリ)
- 1 1 …… 加工シミュレーション実行手段 (加工シミュレーション実行部)
- 1 2 a …… 加工実行状態計測値メモリ (シミュレーション結果情報メモリ)
- 1 3 …… メッセージ表示部 (表示制御部)

1 6 …… 第 1 のメモリ手段 (システムプログラムメモリ)
4 1 …… 加工実行状態計測値解析部 (主軸負荷判定部)
4 2 …… 加工実行状態計測値解析部 (周速判定部)
4 7 …… メッセージ保存部 (ナビゲート情報メモリ)
5 0 …… 加工実行状態計測値解析部 (回転数判定部)
C H …… 加工効率判定パラメータ (基底回転数)
G P R …… 原加工プログラム (加工プログラム)
H J …… 加工実行状態計測値 (加工状態情報)
M S G …… メッセージ
P R O …… 修正加工プログラム (加工プログラム)
Q G …… 加工効率判定パラメータ (出力特性)
S F …… 加工効率判定パラメータ (主軸負荷上限)
W J …… 加工効率判定パラメータ (周速上限値)
K K 1 ~ K K 1 0 …… 加工工程
S R 6 1 ~ S R 6 4 …… 加工効率判定プログラム (サブルーチン)

【図 1】



【図 2】



(b) STB

処理順(i)	1	2	3	4
工具番号	T2	T5	T8	T10

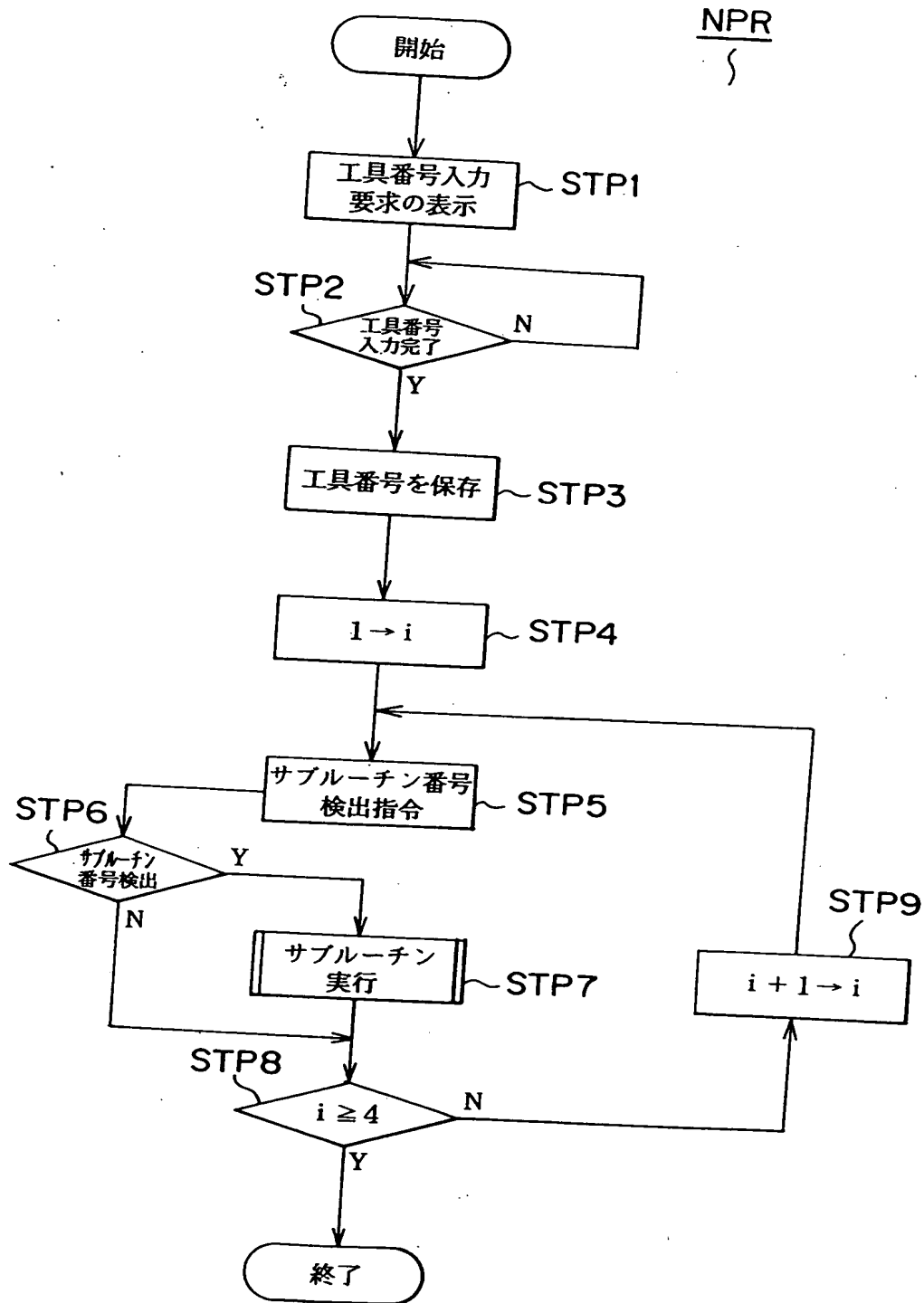
(c) VTB

工具種	ドリル	エンドミル (荒加工)	フェイスミル (荒加工)	エンドミル (仕上加工)	フェイスミル (仕上加工)
サブルーチン 番号	61	62	63	64	64

(d) HJ (KJ)

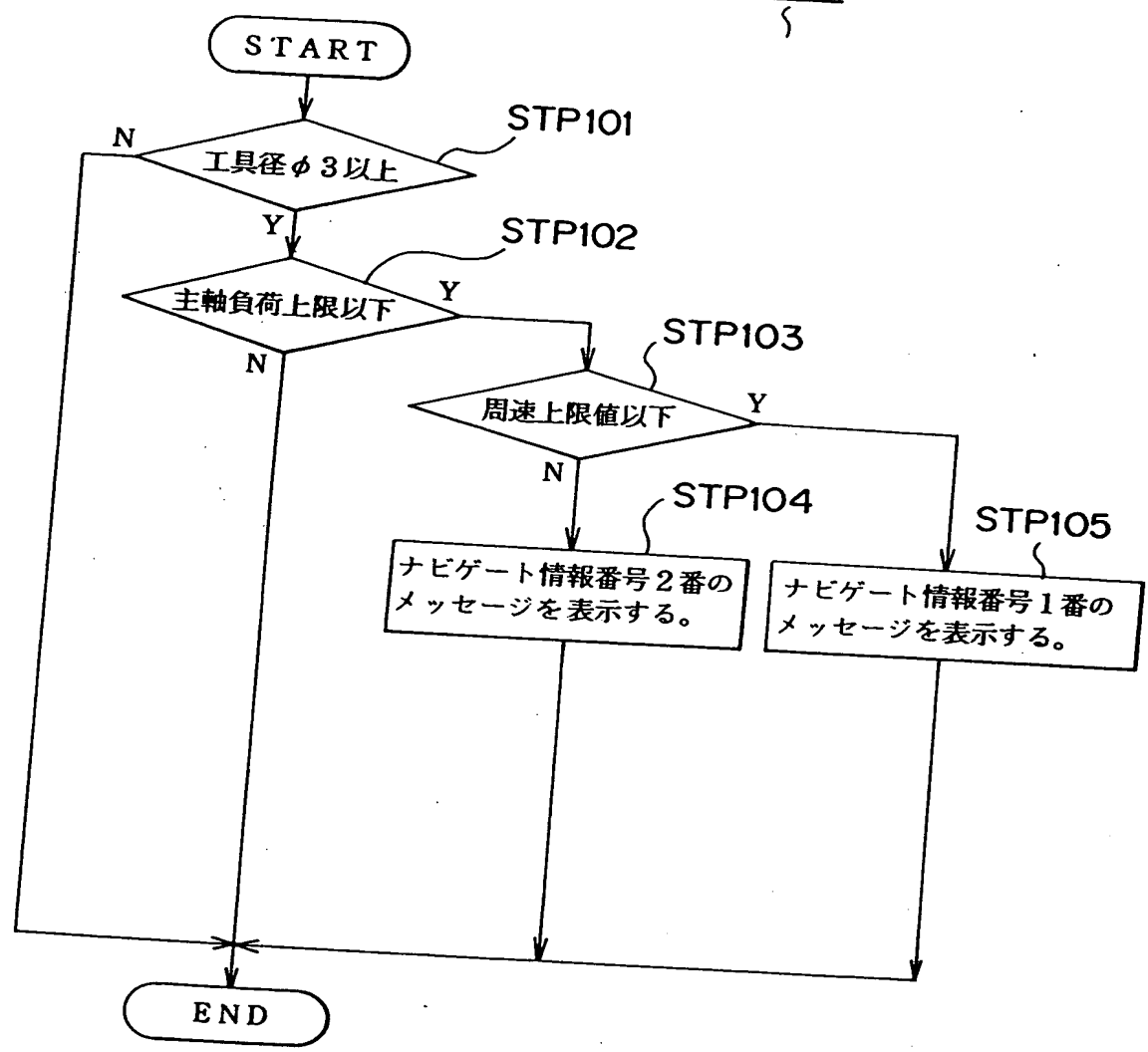
工具番号	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
最大主軸負荷(%)	72	60	54	57	81	73	45	67	39	58
周速(m/min)	45.9	40.8	124.0	87.5	100.4	72.1	53.4	110.9	120.0	80.0
回転数(min ⁻¹)	185	163	496	350	401	288	213	662	480	320

【図 3】

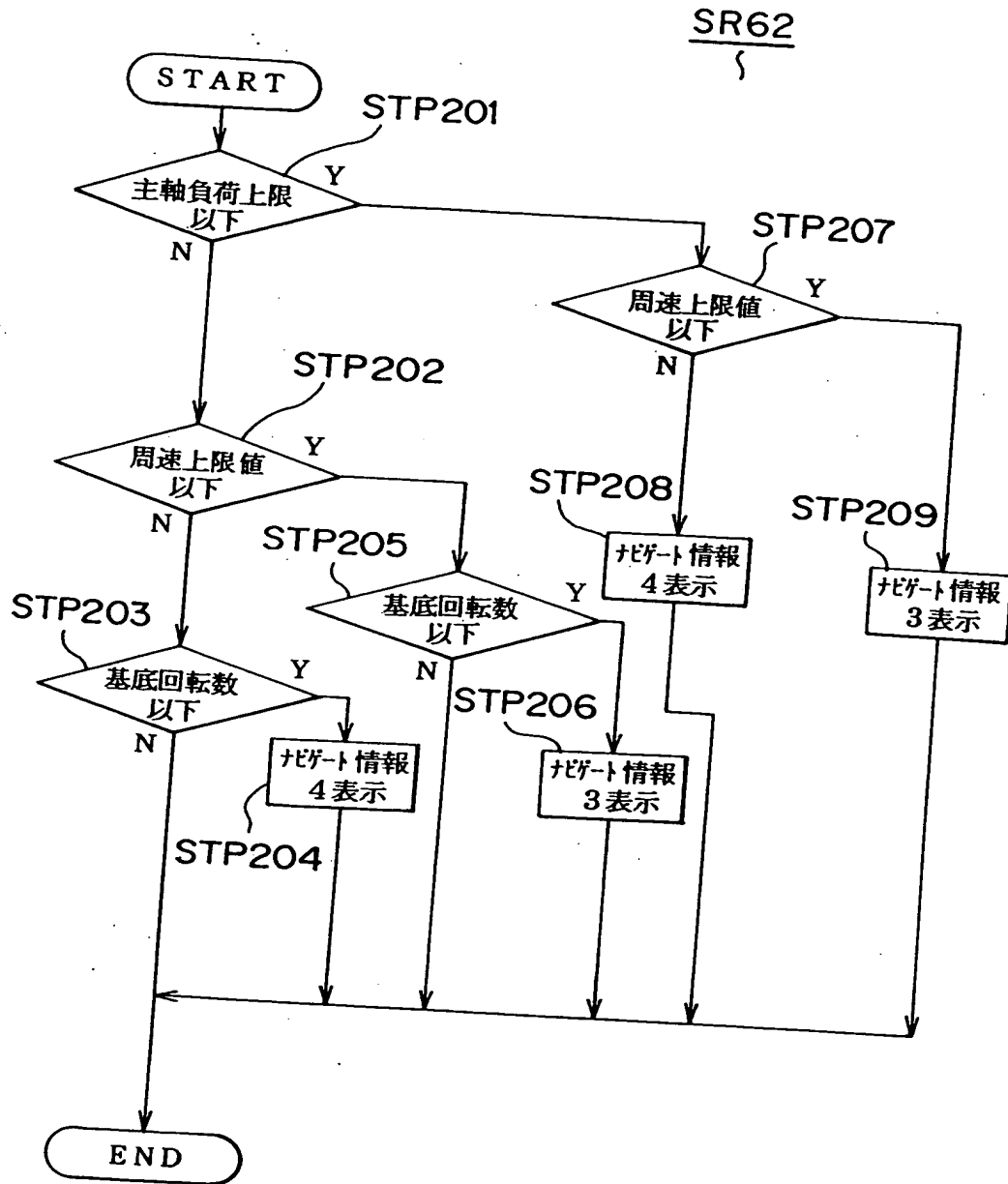


【図 4】

SR61

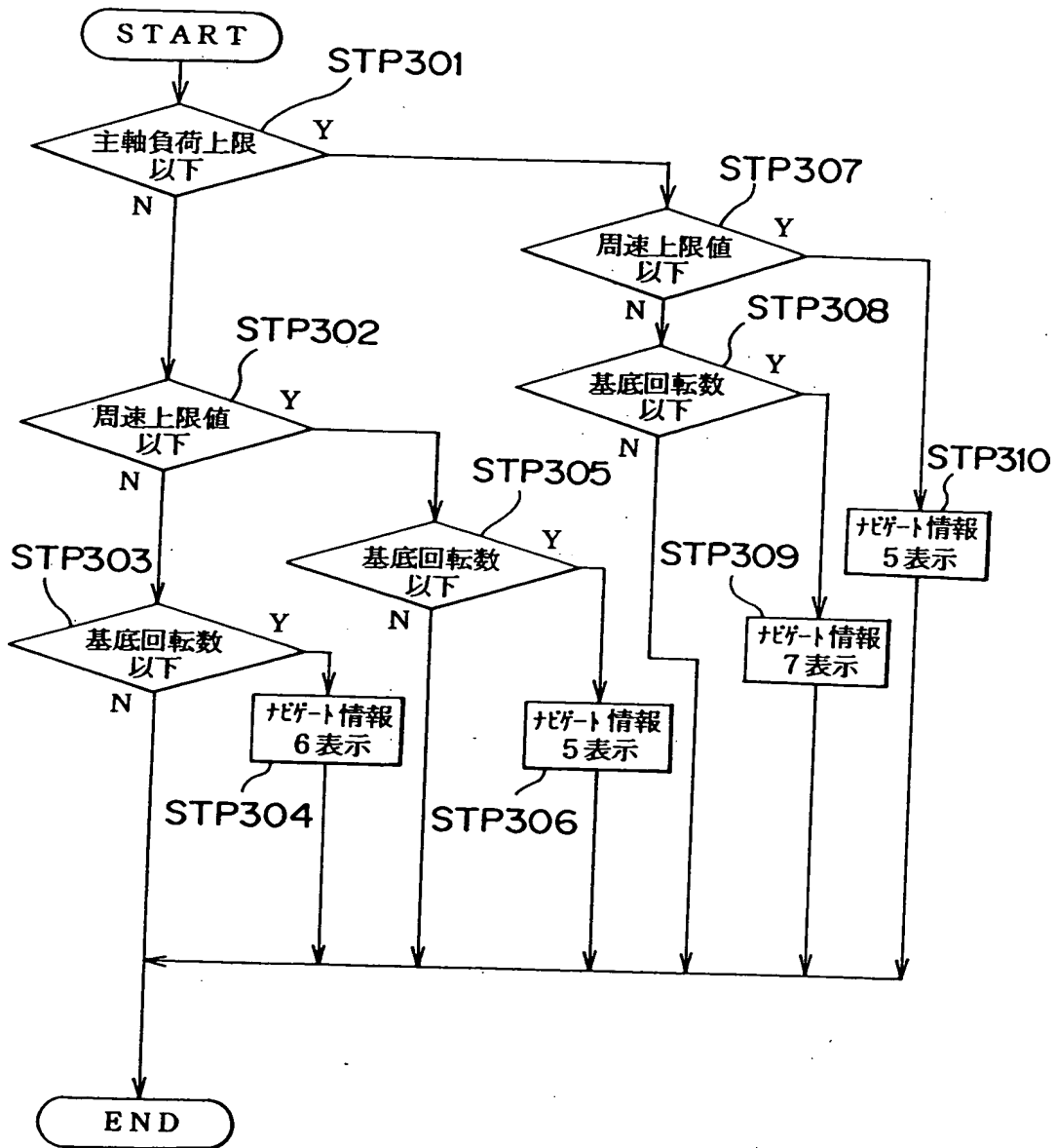


【図 5】



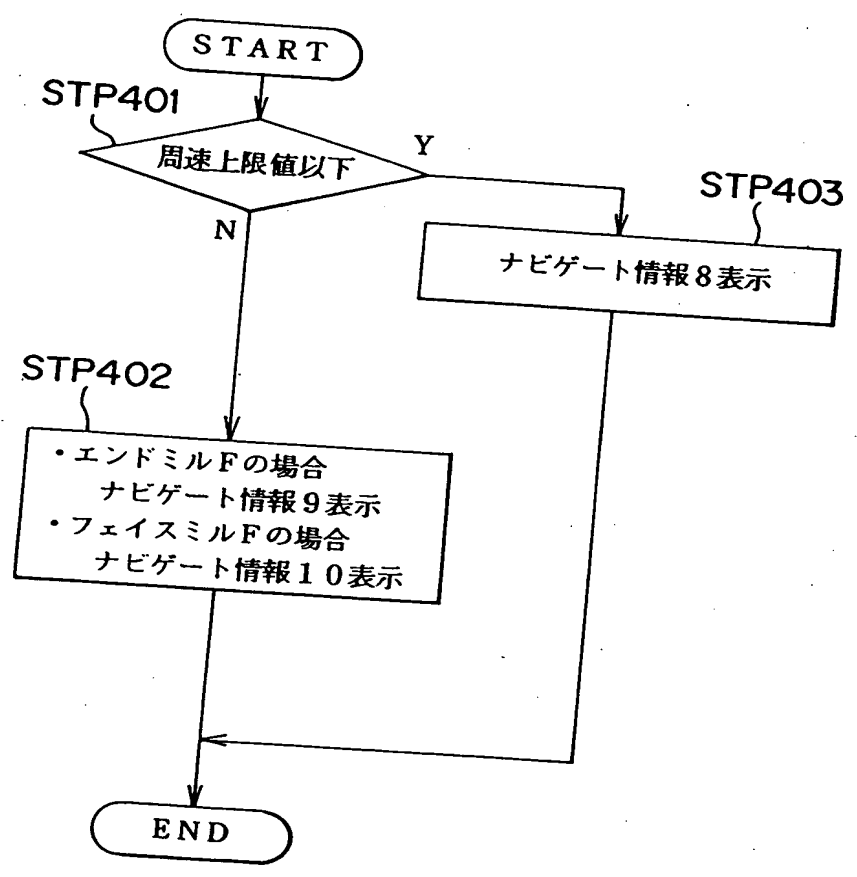
【図 6】

SR63



【図 7】

SR64
}



【図 8】

NJF

}

ナビゲート 情報番号	メッセージ (MSG)
1	・周速を〔周速上限値〕まで上げることが可能です。
2	・工具材種を変更し、周速を上げて下さい。 ・ハイス工具（小径）の場合、チョウコウ工具に変更 ハイス工具（大径）の場合、スローアウェイ工具に変更 チョウコウ工具の場合、 クーラントスルー工具に変更（スピンドルスルー付きの場合） コートチョウコウ工具に変更（スピンドルスルー無しの場合）
3	・周速を〔周速上限値〕まで上げることが可能です。 （主軸最高回転数以上になる場合、周速値クランプ）
4	・工具材種を変更し、周速を上げて下さい。 ハイス工具（小径）の場合、チョウコウ工具に変更 ハイス工具（大径）の場合、スローアウェイ工具に変更
5	・周速を〔周速上限値〕まで上げることが可能です。 （主軸最高回転数以上になる場合、周速値クランプ）
6	・工具材種を変更し、周速を上げて下さい。 チョウコウ工具の場合、コートチョウコウ工具に変更 （ワーク材質がALの場合を除く）
7	・工具径を小さくし、回転数を上げて下さい。
8	・周速を〔周速上限値〕まで上げることが可能です。 （主軸最高回転数以上になる場合、周速値クランプ）
9	・刃数の多い工具に変更し、送りを上げて下さい。 ・工具材種を変更し、周速を上げて下さい。 ハイス工具の場合、チョウコウ工具に変更 チョウコウ工具の場合、コートチョウコウ工具に変更 （ワーク材質がALの場合を除く）
10	・刃数の多い工具に変更し、送りを上げて下さい。 ・工具材種を変更し、周速を上げて下さい。 （ワーク材質がALの場合を除く） チョウコウ工具の場合、コートチョウコウ工具またはサーメット工具に変更 コートチョウコウ工具の場合、サーメット工具に変更

(a)

<u>SYF1</u>	
ワーク材質	上限基本周速
FC	30
FCD	25
S45C	30
SCM	25
SUS	15
AL	75
CU	75
：	：

ワーク材質	上限基本周速
FC	30
FCD	25
S45C	30
SCM	25
SUS	15
AL	75
CU	75
：	：

(b)

SKF1	
工具材種	上限周速係数
ハイス	100
チウコウ	220
コートハイス	150
クーラントスー	460
スローアウェイ	560
ロープケ	240
:	:
:	:

(c)

	<u>SYF2</u>
	}
ワーク材質	上限基本周速
FC	120
FCD	110
S45C	100
SCM	90
SUS	85
AL	700
CU	230
:	:

(d) SKF2

\downarrow

工具材種	上限周速係数
ヘイス	25
フォウコウ	100
コートヘイス	30
コートフォウコウ	110
ラフィング	40
スロ-アウェイ	150
:	:
:	:

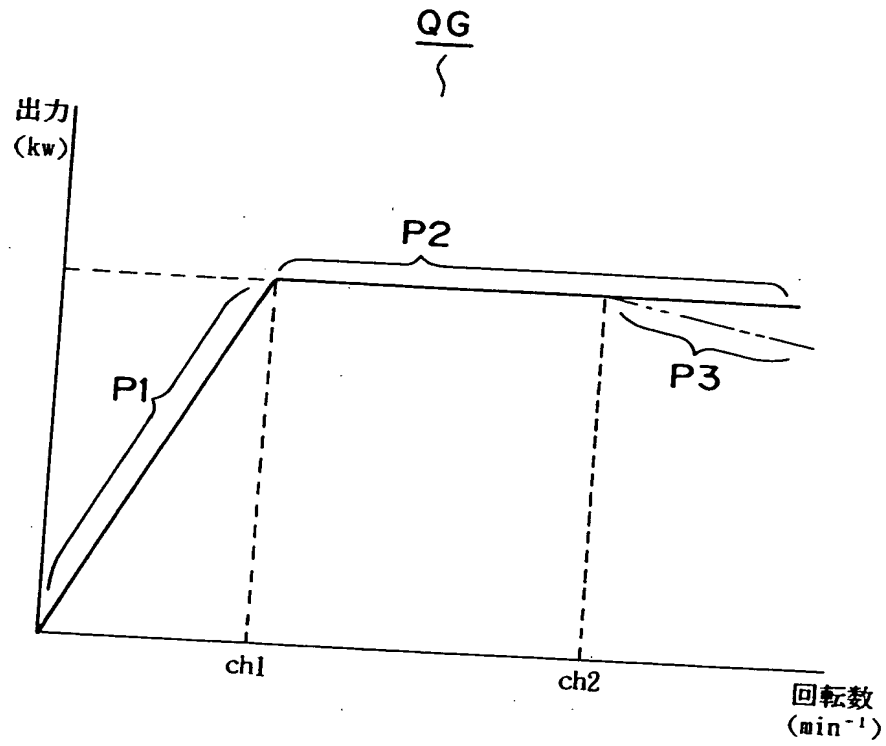
td1
td2
td3

(e)

SYF3	
ワーク材質	上限基本周速
FC	140
FCD	125
S45C	200
SCM	140
SUS	200
AL	1000
CU	300
:	:

[illegible]

【図 10】



【書類名】

要約書

【要約】

【課題】加工条件の変更を容易にし、効率の良い加工を行う加工プログラムを簡単に作成すること。

【解決手段】加工条件の変更修正方針を示したメッセージMSGを保存したナビゲート情報メモリ47を有し、加工プログラムGPRを実行して得た加工状態情報HJを記憶格納するシミュレーション結果情報メモリ12aを設け、主軸負荷上限SF、周速上限値WJ、基底回転数CHに基づいて各加工工程KK1～KK10の加工効率を判定するサブルーチンSR61～SR64を記憶格納したシステムプログラムメモリ16を設け、加工工程KK1～KK10に関し、加工状態情報HJをサブルーチンSR61～SR64に基づいて解析する主軸負荷判定部41、周速判定部42、回転数判定部50を設け、この解析結果に応じてメッセージMSGを選択表示するディスプレイ6、表示制御部13を設けて構成する。

【選択図】 図1